FACULTÉ MIXTE
DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE MARSEILLE

N° 98

Dérivations électrocardiographiques épicardiques chez l'homme

Contribution à l'étude de l'activation ventriculaire

THESE

présentée et publiquement soutenue devant la Faculté Mixte de Médecine et de Pharmacie de Marseille

10 JUILLET 1959

par

Jean TORRÉSANI

Interne des Hôpitaux

Né le 15 Décembre 1929, à Marseille

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MEDECINE

Examinateurs de la Thèse

M. le Professeur JOUVE, *Président*
M. le Professeur DE VERNEJOUL
M. le Professeur AUDIER
M. le Professeur HENRY
M. le Professeur GERARD

Assesseurs

IMPRIMERIE SAINT-LAMBERT
24, Rue Saint-Lambert, 24
MARSEILLE
1959

Dérivations électrocardiographiques épicardiques chez l'homme

Contribution à l'étude de l'activation ventriculaire

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547027_0014

FACULTÉ MIXTE
DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE MARSEILLE

N°

Dérivations électrocardiographiques épicardiques chez l'homme

Contribution à l'étude de l'activation ventriculaire

THESE

présentée et publiquement soutenue devant la Faculté Mixte de Médecine et de Pharmacie de Marseille

10 JUILLET 1959

par

Jean TORRÉSANI

Interne des Hôpitaux

Né le 15 Décembre 1929, à Marseille

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MEDECINE

Examinateurs de la Thèse — M. le Professeur JOUVE, *Président*
M. le Professeur DE VERNEJOUL
M. le Professeur AUDIER
M. le Professeur HENRY
M. le Professeur GERARD — Assesseurs

IMPRIMERIE SAINT-LAMBERT
24, Rue Saint-Lambert, 24
MARSEILLE
1959

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

PERSONNEL ENSEIGNANT

Doyen : G. MORIN
Secrétaire Principal : P. MOUCHET
Secrétaire Principal honoraire : J. COMTE.

Assesseur : J. DELPHAUT
Bibliothécaire : Mlle PERRIN

Professeurs honoraires :
MM. AUDIBERT, BELTRAMI, BREMOND, GABRIEL, JOYEUX, HECKENROTH, MOIROUD, MONGES, RIMATTEI, ROCHE, CHAUVIN

PROFESSEURS

Anatomie	GRISOLI
Anatomie Pathologique	GASTAUT
Bactériologie et Pathologie Générale	BRAHIC
Botanique et Cryptogamie	PELLISSIER
Cardiologie Clinique et Expérimentale	JOUVE
Chimie	DUMAZERT
Chimie Analytique	ARNOUX
Chimie Médicale	DERRIEN
Clinique Chirurgicale	CARCASSONNE
Clinique Chirurgicale	LAMY
Clinique Chirurgicale Infantile et Orthopédie	SALMON
Clinique Chirurgicale Thérapeutique et Chirurgie Expérimentale	DE VERNEJOUL
Clinique de Chirurgie Thoracique	DOR
Clinique Exotique	BLANC
Clinique des Maladies du Système Nerveux	CREMIEUX
Clinique Médicale	MATTEI
Clinique Médicale	POINSO
Clinique Médicale Thérapeutique	OLMER J.
Clinique des Maladies des Voies Digestives et de la Nutrition	RECORDIER
Clinique Médicale Infantile	GIRAUD
Clinique Neuro-Chirurgicale	PAILLAS
Clinique Obstétricale et Gynécologique	CHOSSON
Clinique Ophtalmologique	JAYLE
Clinique Oto-Rhino-Laryngologique	APPAIX
Clinique de Stomatologie	MARONNEAUD
Clinique Urologique	N...
Endocrinologie Médicale	VAGUE
Histologie	PICARD
Hygiène et Médecine Sociale	SAUTET
Matière Médicale	BALANSARD
Médecine Expérimentale	DONNET
Médecine Légale et Médecine du Travail	MOSINGER
Parasitologie	RANQUE
Pathologie Interne	AUDIER
Pathologie Chirurgicale	N...
Pharmacologie	MERCIER F.
Pharmacie Chimique et Toxicologie	VIGNOLI
Pharmacie Galénique	DELPHAUT
Physiologie	MORIN
Physique Médicale	DUBOULOZ
Thérapeutique	PIERI
Professeur sans chaire	ROUX
Professeur sans chaire	MOURGUE

Maîtres de Conférences Agrégés

MM. BERNARD Pierre
BOURRET
CORRIOL
CRISTAU
DEPIEDS
DESANTI
GAMBARELLI
GEVAUDAN
GREBUS
LISSITZKY
MERCIER J.
PASTOR
PAYAN
STAHL
TAMALET

Agrégés en exercice

MM. BERARD
BERNARD René
BONNAL
CHAMPEIX
CHARPIN
CHAUVIN
COMITI
DALMAS
DEVIN
FARNARIER
GERARD
LEGRE
MOUREN
ORSINI
REBOUD
SARLES
SERMENT
SIMONIN
TEMIME
TRIFAUD

Agrégés libres

MM. BERTHIER
FIGARELLA
GRANJON
HENRY
IMBERT
LAVAL
LENA
MONGES H.
OLLIVIER
OURGAUD
PAOLI
RAYBAUD

Chargé des fonctions de Maître de Conférences

Physiologie ..... M. ZWIRN

Chargé des fonctions d'Agrégé

Clinique des Maladies Nerveuses ..... M. BOUDOURESQUES
Clinique de Stomatologie ..... M. LACHARD

Agrégé chargé d'Enseignement

Dermatologie ..... M. TEMIME

A MON PERE

A MA MERE

pour tout ce que je leur dois.

A MA FIANCÉE

A MON MAITRE ET PRESIDENT DE THESE :

MONSIEUR LE PROFESSEUR A. JOUVE

Professeur de Cardiologie clinique et expérimentale

Médecin des Hôpitaux

La clarté de votre jugement, votre souci de perfection dans le travail, la rigueur de votre raisonnement font l'admiration de vos élèves.

Vous m'avez admis parmi eux ; vous m'avez proposé un travail dont le sujet vous tenait à cœur ; je suis très sensible à cette marque de confiance.

Qu'il me soit permis de vous exprimer aujourd'hui ma reconnaissance et mon respectueux attachement.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR R. DE VERNEJOUL

Professeur de Clinique chirurgicale et thérapeutique

et de Chirurgie expérimentale

Je conserverai de mon passage dans votre Service le souvenir d'un chirurgien prestigieux et d'un homme de cœur.

Votre compréhension bienveillante a permis la réalisation de ce travail.

Vous m'avez accueilli dans votre Laboratoire.

Qu'il me soit permis de vous remercier de l'honneur que vous me faites en acceptant de juger cette thèse.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR M. AUDIER

Professeur de Pathologie interne

Médecin des Hôpitaux

Externe dans votre Service, j'ai admiré la profondeur de votre sens clinique. C'est auprès de vos malades que s'est dessinée mon orientation cardiologique.

Vous avez accepté de juger ce travail. Je tiens à vous en exprimer ma profonde reconnaissance.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ E. HENRY

Chirurgien des Hôpitaux

Vous avez contribué à la réalisation de ce travail. Vous représentez, pour tous ceux qui vous approchent, l'image parfaite du Chirurgien. Votre patience et votre bonté font notre admiration.

Je veux vous exprimer aujourd'hui toute ma gratitude et mon respectueux attachement.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ R. GÉRARD

Médecin des Hôpitaux

Mon souhait le plus cher est qu'il reste pour moi ce qu'il a toujours été : un guide sûr. Je tiens à lui exprimer toute ma gratitude, pour la sollicitude qu'il n'a cessé de me témoigner, pour les encouragements amicaux et les conseils qu'il m'a prodigués.

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX :

Monsieur le Professeur SALMON

Monsieur le Professeur MOIROUD

Monsieur le Professeur PIÉRI

Monsieur le Professeur AUDIER

Monsieur le Professeur CHOSSON

dont j'ai eu l'honneur d'être l'Externe.

Monsieur le Professeur GIRAUD

Monsieur le Docteur TURRIES

Monsieur le Professeur JOUVE

Monsieur le Professeur POURSINES

Monsieur le Professeur DE VERNEJOUL

Monsieur le Professeur VAGUE

dont j'ai eu l'honneur d'être l'Interne.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ A. LENA

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ R. DEVIN

A LA MEMOIRE DU DOCTEUR JEAN AZALBERT

Ancien Interne des Hôpitaux de Marseille

A MES CHEFS D'ECURIE D'EXTERNAT ET D'INTERNAT :

Le Docteur L. PERDRIX

Le Docteur G. LAVAURS

Le Docteur J. MARTIN-LAVAL

Le Docteur P. SEDAT

Le Docteur P. OTTAVIOLI

A MES CAMARADES DE L'INTERNAT.

A CLAUDE BARBOT

JEAN-MARIE BOUYALA

GEORGES GODEFROY

C'est pendant la préparation de l'Internat que s'est nouée notre amitié.

A L'EQUIPE DU LABORATOIRE D'ELECTRO-PHYSIOLOGIE :

Monsieur le Professeur Agrégé J. CORRIOL

Monsieur le Docteur A. REDON

M. le Docteur P. VELASQUE

M. le Docteur R. BENYAMINE

M. le Docteur R. PEYTAVY

Ce travail est aussi le leur.

A MES CAMARADES DU LABORATOIRE
DE CHIRURGIE EXPERIMENTALE.

A MES CAMARADES DU CENTRE CANTINI :

Monsieur le Docteur M. DELAAGE

Monsieur le Docteur A. GRAS

Monsieur le Docteur J.-L. MEDWEDOWSKY

Monsieur le Docteur A. SERRADIMIGNI

Monsieur le Docteur J. GÉRIN

A TOUS CEUX QUI M'ONT AIDÉ DANS LA RÉALISATION DE CE TRAVAIL :

Monsieur M. GARCIA

Mademoiselle J. QUAGLIA

Madame J. DILOT

Mademoiselle J. GEYER.

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

L'étude de l'activité ventriculaire chez l'homme au moyen de dérivations électrocardiographiques directes est relativement récente. Elle a été rendue possible par les progrès de la technique électrocardiographique et de l'électronique, et par le développement de la chirurgie thoracique cardio-vasculaire, qui permet à l'heure actuelle de pratiquer de façon presque courante de telles explorations.

Les premiers documents recueillis directement sur le cœur humain sont dûs à Barker et Mac Leod et datent de 1930. Mais ce sont les travaux expérimentaux de Lewis sur le chien qui ont au début du siècle attiré l'attention des chercheurs sur le problème de l'activation ventriculaire ; ils sont toujours considérés et à juste titre, comme fondamentaux. Aussi est-il légitime d'en rappeler les traits essentiels, car ils permettent de suivre l'évolution des idées.

1°) Avant Lewis, plusieurs auteurs avaient abordé l'étude de l'activité cardiaque. Waller et Reid (1887) étudiaient les potentiels du cœur de chien agonique, après décapitation de l'animal, ou celle du cœur excisé. Mais leur appareillage (électromètre capillaire) ne permettait pas une étude précise, en particulier celle de la chronologie des accidents électriques. Bayliss et Starling (1892), poursuivant les mêmes recherches, donnent de l'activation ventriculaire une représentation extrêmement simple : celle d'une onde née au voisinage du sillon interauriculo-ventriculaire et se propageant de façon uniforme vers la pointe.

2°) C'est Lewis qui, dès 1915, montre la complexité réelle du phénomène en insistant sur plusieurs éléments du problème que

les expérimentateurs précédents avaient négligé. Lewis pensait, en effet, que la structure anatomique du myocarde, l'orientation des fibres musculaires, la topographie des branches du faisceau de His et la distribution du tissu de Purkinje jouaient un rôle important dans l'activation ventriculaire.

« Il importe de comprendre la distribution extrêmement large du système de de Purkinje et de prendre en considération ses caractères particuliers, car ils servent à expliquer certains faits expérimentaux. En particulier, nous voudrions insister sur le trajet de la branche droite et sur ses rapports avec le muscle papillaire du ventricule droit, sur la présence dans la chambre ventriculaire droite d'un système complexe de branches se terminant soit librement, soit en s'anastomosant à d'autres branches, sur la dispersion en éventail de la branche gauche et enfin sur l'existence de deux zones qui sont en comparaison relativement pauvres en fibres. La première et la plus importante est au niveau de la face droite du septum, en regard de la valve septale de la tricuspide, la seconde immédiatement sous les valvules aortiques. Il importe également de noter que chez le chien, comme chez le veau, la distribution (du tissu de Purkinje) n'est pas localisée à la zone sous-endocardique. En effet, les coupes montrent que ça et là des branches efférentes pénètrent dans la substance musculaire, en suivant le trajet des vaisseaux ou les travées conjonctives. Une telle pénétration n'est pas profonde ; pour autant que nous puissions l'affirmer, elle est de l'ordre de quelques millimètres, mais là où le muscle est mince, elle peut conduire le tissu spécial très près de la surface de l'épicarde. »

Les travaux de Lewis sont essentiellement basés sur la notion de « déflexion intrinsèque ». Il distingue, en effet, dans les électrogrammes enregistrés en dérivations directes, une partie extrinsèque et une déflexion intrinsèque dont il démontre qu'elle correspond à l'activation de la zone musculaire immédiatement sous-jacente à l'électrode exploratrice. Cette déflexion possède un certain nombre de caractères bien définis : sa polarité négative, sa durée brève, de l'ordre de 3 à 4 millisecondes, sa chronologie variable suivant le point du myocarde exploré. Etudiée tout d'abord à la surface des oreillettes, la déflexion intrinsèque permit ensuite à Lewis de préciser l'ordre d'activation des diverses zones de l'épicarde ventriculaire. Cette notion constitue encore à l'heure actuelle le fondement de la plupart des travaux expérimentaux d'électrophysiologie cardiaque.

3°) Ce n'est que quinze ans plus tard que Barker et Mac Leod purent pratiquer des enregistrements directs à la surface du cœur humain. Leur but était de vérifier chez l'homme les conclusions des travaux de Lewis. L'occasion leur en fut fournie par un patient chez lequel une péricardotomie avait dû être pratiquée pour péricardite purulente. Les circonstances particulières de cette observation princeps méritent d'être revues avec quelques détails.

Il s'agissait d'un homme de trente ans, sans aucun antécédent cardiaque, dont l'électrocardiogramme standard ne montrait comme altération « qu'une onde T négative en D.II et D.III » ; il fut hospitalisé au troisième jour d'une pneumonie du lobe inférieur gauche. Après une amélioration passagère, une reprise thermique s'amorçait tandis qu'apparaissait un frottement péricardique. Un épanchement se constituait, dont la ponction révélait la nature purulente (strep-

tocoque viridans). Vingt jours après l'admission du malade, une péricardotomie était pratiquée par voie extrapleurale sous anesthésie locale. « Les 5e et 6e cartilages costaux étaient réséqués et une brèche était faite dans le péricarde tout à fait à gauche du sternum, du 4e espace intercostal au diaphragme, et dont les dimensions étaient approximativement 6 cm. sur 4 cm. Par cete ouverture, était ainsi exposée une grande partie des surfaces antérieure et diaphragmatique, ainsi que la pointe. L'incision resta ouverte 21 jours ; mais l'ouverture devint par la suite plus étroite. Le péricarde était irrigué fréquemment avec la solution de Dakin, et plus tard avec du mercurochrome en solution à 0,1 %. Le 2 Avril, la brèche était refermée sous anesthésie au protoxyde d'azote. Le malade dont l'état avait été bon jusqu'à cette date devait décéder le lendemain des suites d'une bronchopneumonie ».

L'autopsie devait montrer, outre les lésions de bronchopneumonie, une collection purulente localisée en arrière et à gauche du péricarde ventriculaire gauche. L'examen histologique révélait une dégénérescence graisseuse sous endocardique, une atrophie myocardique légère et des foyers de nécrose.

A plusieurs reprises, furent effectués des enregistrements à la surface de l'épicarde. Une première série concerne l'activation spontanée au cours du rythme cardiaque normal, l'autre série d'enregistrements épicardiques étant consacrée à la stimulation électrique. Barker et Mac Leod, confirment une grande partie des conclusions de Lewis, concernant la déflexion intrinsèque. Ils constatent que cet accident, pour un point donné de l'épicarde, survient en un temps remarquablement constant, quelle que soit la position de l'électrode distale, alors même que la morphologie globale du complexe est modifiée. Ils ne notent pas de variation supérieure à une milliseconde dans les temps d'apparition de cette déflexion, calculée en des points identiques, à plusieurs jours d'intervalle. Toutefois, le schéma général d'activation ventriculaire diffère pour Barker et Mac Leod, de celui établi par Lewis, la zone la plus précocement activée étant située au niveau de la partie haute du ventricule droit. D'après ces auteurs, les divergences constatées pourraient être expliquées par des différences de structure entre le cœur de l'homme et celui du chien, en particulier, au niveau du système de conduction. A l'heure actuelle, il semble bien que les conclusions de Barker et Mac Leod ne doivent être acceptées qu'avec prudence. En effet, si les enregistrements en eux-mêmes ne sont pas criticables et si le repérage des points explorés semble correct, le choix du sujet par contre, conduit à formuler quelques réserves. On sait aujourd'hui le rôle très important que jouent les couches sous épicardiques dans la genèse de l'électrogramme à la surface du cœur. L'épicarde d'un malade atteint de péricardite purulente, altéré par le processus infectieux et les agents antiseptiques (Dakin, mercurochrome) ne peut en aucun cas être considéré comme normal et les enregistrements électriques pratiqués à sa surface ne peuvent donner une image correcte de l'activation ventriculaire normale.

Malgré les critiques qu'il soulève, ce travail princeps sur l'homme garde une valeur certaine ; alors que l'électrocardiographie clinique commence à peine à se développer, il a le mérite

d'attirer l'attention des cardiologues sur un problème jusque là du seul domaine des physiologistes.

4°) Une étude du même ordre, mais de portée plus restreinte est entreprise en 1938 par Puddu et Cammarella à propos d'un cas « d'ectopia cardiopectoralis » complète. A l'aide de dérivations directes, les auteurs italiens étudient la propagation de l'excitation à la surface du cœur. Ils remarquent que les divers points de la surface ventriculaire, même éloignés entre eux, entrent en activité dans un délai relativement court et que les régions voisines de la pointe sont activées légèrement plus tôt que la base. Toutefois, ce cas, trop particulier, ne permet pas de tirer de conclusions fermes. L'examen anatomique de la pièce n'ayant pas été pratiqué, on ignore si une cardiopathie congénitale était associée ou non à l'ectopie cardiaque.

5°) Le but des travaux ultérieurs devait être sensiblement différent. Barker et Mas Leod étudiaient avant tout l'activation des divers points de la masse ventriculaire, cherchant à réaliser la réplique chez l'homme des expériences de physiologie de Lewis ; la confrontation avec l'électrocardiogramme standard n'était pas envisagée, et si au cours des explorations une dérivation DII était enregistrée, ce n'était qu'à titre de repère chronologique. Avec le développement de l'électrocardiographie clinique et la généralisation des dérivations thoraciques semi-directes apparut un nouveau problème, celui de la comparaison des électrogrammes épicardiques et des électrocardiogrammes recueillis sur le précordium. Ainsi, la plupart des auteurs ont-ils exploré l'épicarde de l'homme, à la recherche de morphologies identiques à celles enregistrées à la surface du thorax.

Nylin et Crafoord (1942), au cours de pneumonectomies, explorent l'épicarde chez deux sujets, et constatent la concordance respective entre les électrogrammes ventriculaires (levogramme et dextrogramme) et les complexes enregistrés sur le précordium, gauche et droit.

Groedel et Borchardt publient en 1948 le résultat d'explorations portant sur 100 malades examinés à l'occasion d'interventions de chirurgie pulmonaire. Une technique ingénieuse leur permet, lors des sections de bride sous pleuroscopie, de placer au contact du cœur une électrode exploratrice dont l'extrémité est guidée sous contrôle de la vue. Le pneumothorax gauche permet de voir et d'étudier une grande partie des surfaces antérieure et postérieure des deux ventricules. Le pneumothorax droit rend accessibles l'oreillette droite et parfois le ventricule droit. Une vingtaine de points au maximum peuvent être explorés lors de chaque intervention. Groedel et Borchardt estiment que le ventriculogramme enregistré sur chaque ventricule est caractéristique : le « levogramme » revêt la forme qRs alors que le « dextrogramme » est du type rS. L'électrogramme typique, droit ou gauche, est enregistré sur la région centrale de chaque ventricule seulement, des aspects intermédiaires résultant, en d'autres points,

de la combinaison du levo et du dextrogramme. L'activation ventriculaire droite précède pour ces auteurs celle du ventricule gauche. Dans six cas, une étude comparative des dérivations directes et des dérivations thoraciques montre à ces auteurs une correspondance étroite entre les électrogrammes droit et gauche et les électrocardiogrammes recueillis en des points correspondants du précordium.

C'est dans le but de vérifier cette concordance dans les cas d'hypertrophie ventriculaire droite que Mac Gregor entreprend en 1950 l'étude de 10 cas de tétralogie de Fallot. Cet auteur constate que la présence d'une forte surcharge ventriculaire droite, traduite en dérivations précordiales par une déflexion principalement positive dans les dérivations parasternales n'altère pas la morphologie des complexes épicardiques ventriculaires droits qui demeurent à prédominance négative. Il en conclue que l'aspect particulier des dérivations thoraciques peut s'expliquer par une rotation du cœur, qui intéresserait les champs électriques produits par chaque ventricule. Intéressé par le seul problème de la comparaison épicarde précordium, Mac Gregor n'étudie pas la propagation de l'activation à la surface des ventricules.

La même année, Hein et Reavis explorent trois points épicardiques chez un sujet atteint de péricardite constrictive. Les enregistrements obtenus à la surface d'une séreuse profondément remaniée et épaisse de 1 à 3 cm., montrent aux auteurs « l'étroite parenté qui existe entre les dérivations précordiales et épicardiques ».

En 1951, Lenègre et coll. explorent l'épicarde chez sept de leurs opérés : trois tétralogies de Fallot, une atrésie pulmonaire, une coarctation aortique, une sténose mitrale, un canal artériel. 4 à 8 enregistrements sont pratiqués, exception faite du dernier cas pour lequel une seule dérivation est prélevée. L'appareil utilisé est un électrocardiographe à inscription directe et ne permet pas l'enregistrement synchrone d'une dérivation standard de référence. L'électrode est un disque de 13 m m de diamètre introduit dans la cavité péricardique par une petite incision, et repéré à travers le feuillet pariétal du péricarde. Les auteurs estiment qu'il existe une grande similitude entre les tracés épicardiques et précordiaux, dans les cas d'hypertrophie ventriculaire droite comme dans les cas d'hypertrophie ventriculaire gauche. L'activation ventriculaire a sa traduction chronologique sur les parties correspondantes du précordium ; à un retard de la déflexion intrinsèque sur le ventricule droit correspond un retard de la déflexion intrinsécoïde en parasternales droites lors des surcharges ventriculaires droites.

L'année suivante (1952), E. Barbato publie à Sao-Paulo une étude d'ensemble sur les enregistrements épicardiques chez l'homme. Son travail est basé sur l'observation de 18 sujets, parmi lesquels 6, indemnes de toute affection cardio-vasculaire, étaient confiés au chirurgien pour une affection pulmonaire ou médiastinale. Dix sujets présentaient une « surcharge » ventriculaire droite

et deux autres une « hypertrophie » ventriculaire gauche. Les enregistrements péricardiques furent étudiés au double point de vue de la morphologie des complexes et de la chronologie de l'activation ventriculaire. Après avoir passé en revue les divers caractères électrocardiographiques admis comme critères valables d'hypertrophie ventriculaire, Barbato les compare aux résultats les correspondances épicardo-précordium sont très nuancées, la les correspondances épicarde-précordium sont très nuancés, la rencontre fortuite de morphologies identiques dans les deux séries d'enregistrements n'impliquant pas une correspondance absolue et constante. Ces travaux furent complétés lors de plus récentes publications (1958 et 1959), concernant 16 sujets normaux et 31 cas de cardiopathie. Dernièrement, Barbato a entrepris l'étude de la face postéro-inférieure du cœur, qui avait été négligée lors des travaux antérieurs, au moyen de dérivations à la surface du diaphragme, enregistrées au cours d'interventions de chirurgie abdominale. Mais il ne s'agit pas de dérivations à proprement parler épicardiques et le repérage topographique par rapport aux surfaces ventriculaires est particulièrement délicat.

En 1955, paraissent les travaux importants de Magri et Brusca. La majorité des 65 cas explorés est constituée par des malades porteurs de sténose mitrale. Les auteurs italiens mettent en lumière la constance morphologique des complexes épicardiques propres à chaque zone explorée, indépendamment du degré de surcharge ventriculaire et de l'aspect de l'électrocardiogramme précordial. Chaque cas comporte 3 à 8 dérivations épicardiques prélevées principalement sur les faces antérieures des ventricules. Plus récemment (1959), Brusca et Solerio ont étudié, au moyen de dérivations épicardiques, le problème des hypertrophies ventriculaires droites, dans 15 cas de sténose pulmonaire. Leurs conclusions ne sont pas formelles en ce qui concerne les corrélations entre les dérivations épicardiques et les dérivations précordiales.

En 1956, Mouquin et Coll., explorant un sujet atteint d'anévrysme du cœur, séquelle d'infarctus, retrouve sur l'épicarde des images parfaitement concordantes avec celles enregistrées sur le précordium.

Depuis 1956, plusieurs séries de recherches ont été entreprises sous la direction de M. le Professeur Jouve, dans le laboratoire de Cardiologie Expérimentale de la Faculté de Médecine de Marseille, et au Centre Cantini. Elles portent notamment sur l'exploration de l'épicarde chez l'homme et chez le chien, et sur les relations entre les dérivations épicardiques et les dérivations précordiales. Une note préliminaire concernant les résultats de ces explorations a été publiée en 1957, lors de la 25e réunion de l'Association des Physiologistes de langue française ; un exposé des techniques et de la carte électrique de l'épicarde a été présenté au Congrès Mondial de Cardiologie (Bruxelles, 1958).

En 1957, Herold et Kaindl publient les résultats d'explorations de 21 malades présentant une hypertrophie ventriculaire droite soit par cardiopathie congénitale, soit par sténose mitrale rhumatismale.

Pour des pressions ventriculaires droites identiques, les tracés épicardiques seraient différents d'après ces auteurs, dans ces deux groupes de malades. Le problème des rapports avec les dérivations précordiales n'est pas abordé.

En 1959, paraissent les travaux de Wasserburger et Coll. Ils concernent l'exploration de 15 malades présentant une surcharge ventriculaire droite, lors de sténoses pulmonaires isolées (10 cas) ou de tétralogies de Fallot. La thoracotomie double, nécessitée par la correction à cœur ouvert de ces malformations, a permis d'explorer sous contrôle de la vue la face antérieure du cœur. Sept dérivations épicardiques directes ont été enregistrées dans chacun des cas. La morphologie des ventriculogrammes prélevés sur la partie haute du ventricule droit en regard de la « crête supra-ventriculaire » a particulièrement retenu l'attention des auteurs, qui la comparent à celle des dérivations précordiales droites. L'activation ventriculaire n'est pas envisagée dans son ensemble.

Cette même année (1959), Prinzmetal et Coll. publient les résultats d'explorations épicardiques chez 15 sujets coronariens, obtenus au cours d'intervention de revascularisation du myocarde. Cette étude porte essentiellement sur les modifications du segment ST et de l'onde T ; le problème de l'activation ventriculaire n'est pas envisagé. On sait, par ailleurs, que l'école de Prinzmetal a consacré de nombreux travaux à l'étude de l'activation ventriculaire au moyen de dérivations intra-murales. Il est parfois fait mention dans ces travaux d'enregistrements épicardiques. Nous envisagerons plus loin les résultats de ces investigations qui sont d'un très grand intérêt.

N. B. - Nous avons mentionné la plupart des travaux ayant trait aux enregistrements épicardiques chez l'homme. Il nous faut, en outre, citer : le IV[e] Congrès Interaméricain de Cardiologie (Buenos-Aires, 1952), au cours duquel plusieurs communications ont été consacrées à l'exploration de l'épicarde chez l'homme.

Nous n'avons pu nous procurer les comptes rendus de ces communications, qui n'ont pas été publiées à notre connaissance.

AUTEUR	ANNÉE	NOMBRE	ETIOLOGIE	ELECTRCARDIOGRAMME	NOMBRE DE DÉRIVATIONS
BARKER	1930	1	Péricardite purulente		
PUDDU	1938	1	Ectopia cordis pectoralis		15
NYLIN	1942	2	Pneumonectomie		6 dans un cas, 5 dans un cas
GROEDEL	1948	100	Sections de brides sous pleuroscopie + 1 cas de pneumonectomie	Pas de classement	Jusqu'à 20
MC GREGOR	1950	10	Tétralogies de Fallot	Surcharge ventriculaire droite	4 à 8
LENEGRE	1951	7	Tétralogies de Fallot ..... 3 Atrésie pulmonaire ..... 1 Coarctation aortique ..... 1 Sténose mitrale 1		4 à 8
			Canal artériel 1		1
BARBATO	1952	18	Kyste dermoïde du médiastin ..... 1 Kyste aérien du poumon .. 1 Cancers pulmonaires ..... 2 Dilatations des bronches .. 2	E. C. G. normal	2 à 8
			Tétralogies de Fallot ..... 2 Sténose pulmonaire + C.I.A. 1 Cœurs pulmonaires ..... 3 Sténoses mitrales 4	Surcharge ventriculaire droite	2 à 8
			Anévrysmes aortiques 2	Surcharge ventriculaire gauche	3
MAGRI	1955	65	Sténoses mitrales ..... 53 Insuffisances mitrales ..... 2 Tétralogies de Fallot ..... 3 Trilogie de Fallot ..... 1 Canaux artériels ..... 2 Coarctation aortique ..... 1 Atrésie tricuspidienne .... 1 Péricardite constrictive .... 1 Maladie de Bouveret 1	*E.C.G. des 53 sténoses mitrales :* E.C.G. normal ..... 40 Surcharge ventriculaire droite ..... 9 Bloc de la branche droite 4	3 à 8

Mouquin	1956	1	Anévrysme du cœur	Séquelle d'infarctus	
Helrolle	1957	21	Sténoses mitrales et cardiopathies congénitales	Hypertrophie ventriculaire droite	4
Barbato	1958	16	Sujets normaux		Non précisé dans le détail
	1958	31	Cœurs pulmonaires chroniques ..... 8 Sténoses mitrales 8	Surcharge ventriculaire droite ∓ bloc de branche droit	Non précisé dans le détail
			Sténoses pulmonaires ..... 2 Tétralogies de Fallot .... 5 Trilogie de Fallot 1	Surcharge ventriculaire droite	»
			Hypertension artérielle .... 1 Anévrysme aortique ..... 1 Lésion rhumatismale 1	Surcharge ventriculaire gauche	»
Brusca	1959	15	Sténoses pulmonaires valvulaires ..... 6 Tétralogies de Fallot ..... 6 Trilogies de Fallot ..... 2 Pentalogie de Fallot 1	Surcharge ventriculaire droite	»
Wasserburger	1959	15	Sténose valvulaire pulmonaire ..... 10 Tétralogies de Fallot 5	Surcharge ventriculaire droite	7

SUMMARY

Since 1915 direct observations of epicardial depolarization were made by Lewis and Rotschild, which traced the course of excitation wave on the surface of dog's ventricle. These authors studied the « Intrinsic deflection » and pointed out the fact that this deflection corresponds to the arrival of the excitation proccess beneath the contact placed upon the muscle. This pioneer work still remains actualiy the base of cardiac electrophysiology.

Attempts at direct electrocardiographic studies of the human heart were made as early as 1929, when Barker and Mac Leod obtained records by placing electrodes directly on the surface of a heart exposed following pericardiostomy for suppurative pericarditis. After Barker, Puddu and Cammarella studied the ventricular activation in a case of Ectopia Cordis. The purpose of the first authors wich studied epicardial derivations was to check in the case of man, the results obtained by Lewis on the dog.

Then, with the development of clinical electrocardiography, greater attention was paid, not at the electrical phenomena of ventricular activation, but at the genesis of peripheral electrocardiogram. Further studies of epicardial derivations were performed in order to compare direct and precordial leads. In 1942, Nylin and Crafoord obtained direct electrograms in two patients subjected to thoracotomy for pneumonectomy. Grœdel and Borchardt (1948) studied direct electrocardiography in 100 patients, during pneumolysis. Mac Gregor (1950) studied, by means of epicardial leads, the genesis of the electrocardiogram of right ventricular hypertrophy. During recent years, a considerable contribution to this study was made by several investigators (Hein Reavis, Lenegre, Barbato, Brusca, Magri). Recently (1959) Wasserburger obtained direct epicardial leads during open heart surgery.

Since 1956, the study of electrical activity on the ventricular epicardium in man has been undertaken by Pr. A. Jouve and Coll. in the course of cardiac surgery (Pr. R. De Vernejoul).

CHAPITRE II

TECHNIQUE

A ce jour, près de 300 cas d'exploration de l'épicarde chez l'homme ont été publiés dans la littérature. Toutefois, l'unanimité des auteurs n'est pas faite, aussi bien en ce qui concerne l'ordre d'activation des diverses parties de la surface ventriculaire, qu'en ce qui a trait à la transmission à la périphérie des potentiels épicardiques. Le choix des sujets explorés peut expliquer, en partie, au moins, certaines divergences et certaines constatations contradictoires. Cependant, à la lecture des observations publiées, il apparaît que la technique de prélèvement et d'enregistrement des électrogrammes épicardiques n'a pas spécialement retenu l'attention.

C'est sur ce point précis qu'ont porté les efforts de M. le Professeur Jouve et de ses collaborateurs qui se sont attachés depuis 1956 à l'étude des dérivations épicardiques chez l'homme. Les buts poursuivis étaient les suivants :

1°) Explorer le plus grand nombre de sujets possible présentant des électrocardiogrammes divers, afin d'asseoir cette étude sur une base statistique valable.

2°) Obtenir dans la mesure du possible des explorations analogues dans chaque cas, afin de pouvoir comparer utilement les documents obtenus.

3°) Concevoir un appareillage spécialement adapté au travail envisagé, en améliorant au fur et à mesure des contrôles chaque élément de la technique (exploration de la surface épicardique et enregistrement des tracés).

L'étroite coopération médico-chirurgicale réalisée au Centre Cantini, la compréhension de l'équipe chirurgicale nous ont permis de réaliser nos enregistrements dans les meilleures conditions au cours des interventions de chirurgie cardiaque.

L'étude complète de la technique d'enregistrements épicardiques chez l'homme a été faite dans la thèse de R. Peytavy (Marseille, 1958). Nous n'en rappelerons que les conclusions essentielles, en exposant les solutions adoptées pour chaque problème et les raisons de notre choix.

Nous étudierons successivement :

1°) l'appareillage ;

2°) le mode de prélèvement ;

3°) l'analyse des documents.

1. - L'APPAREILLAGE

A) Les conditions d'utilisation et les problèmes qu'elles posent

1°) La déflexion intrinsèque.

L'étude chronologique de l'activation ventriculaire se fait en repérant sur les tracés la *déflexion intrinsèque*. Cet accident caractérisé sur les enregistrements unipolaires par une brusque chute de potentiel, correspond, comme l'a démontré Lewis, à l'activation de la portion de l'épicarde sous-jacente à l'électrode exploratrice. Ses caractères classiques sont au nombre de deux :

— durée brève n'excédant pas 4 millisecondes ;

— grande amplitude de l'ordre de 10 à 15 millivolts chez l'homme.

Veyrat en a donné dans sa thèse une description très précise :

« La déflexion intrinsèque ne débute pas nécessairement à un sommet de l'électrocardiogramme, par une brusque inversion de polarité, mais souvent au contraire, la courbe descend en pente douce du sommet qui marque la plus grande positivité de l'électrode exploratrice jusqu'à un bref palier d'où part, subitement, une variation rapide de même direction qui, elle, constitue la déflexion intrinsèque. D'une façon analogue, cette variation négative rapide peut être interrompue avant d'avoir atteint le point de plus forte négativité (sommet de S). Elle achève alors une brève angulation à partir de laquelle la déclivité est moins accentuée. Enfin la déflexion intrinsèque n'est pas toujours rigoureusement rectiligne ; elle présente parfois de petits accidents secondaires « crochetage, paliers qui se surajoutent à la variation rapide ».

Nos documents confirment pleinement la description de Veyrat. La déflexion intrinsèque, sur les tracés enregistrés avec un

oscillographe cathodique, apparaît comme une véritable solution de continuité, tant la chute de potentiel qu'elle traduit est brusque. Elle est visible même dans les cas où un parasitage pour le courant 50 périodes rend illisibles les autres accidents.

L'inscription de la déflexion intrinsèque nécessite donc un appareillage sensible aux fréquences élevées. Les électrocardiographes à inscription directe, du fait de l'inertie des pièces mobiles, ne sont pas utilisables pour son étude ; comme l'ont montré Redon et Corriol, la plupart des électrocardiographes du commerce ne transmettent correctement que les vibrations dont la fréquence est inférieure à 100. L'oscillographe cathodique, dont le faisceau d'électrons est dépourvu d'inertie, permet une traduction fidèle du phénomène, lorsqu'il est doté d'amplificateurs ne présentant pas de distorsion appréciable pour des fréquences atteignant mille cycles seconde. En ce qui concerne la réponse aux basses fréquences, la constante de temps de l'ordre de 2 secondes, qui est celle des électrocardiographes ordinaires est suffisante pour l'enregistrement des complexes épicardiques.

Par ailleurs, les différences de potentiel relativement élevées (par rapport à celles enregistrées dans les dérivations standard) que l'on trouve sur l'épicarde n'exigent pas de l'appareillage une différentialité supérieure à celle des appareils ordinaires. Le coefficient d'amplification étant faible, il est relativement facile d'obun tracé épicardique entièrement dépourvu de parasites.

2°) Le repérage chronologique.

Selon la région explorée, la déflexion intrinsèque survient en un point différent du complexe ventriculaire. La mesure du moment d'apparition de cette déflexion peut se faire par rapport au début de l'électrogramme épicardique : ce n'est alors qu'une mesure relative et très imprécise ; en effet, si certains complexes ont une morphologie bien nette et débutent, par exemple, par une flèche R ou une onde Q évidentes, d'autres présentent des aspects moins tranchés. C'est le cas de certains complexes enregistrés sur la zone trabeculaire du ventricule droit, ou dans les régions parasternales, et qui débutent par un accident vibré, plus ou moins net, à l'intérieur duquel il est difficile de repérer la première positivité. Il n'est pas exclu par ailleurs, que dans certaines dérivations, la phase initiale de la dépolarisation ventriculaire corresponde à un segment strictement iso-électrique. Dans ces conditions, le repérage doit se faire par rapport à une autre dérivation, enregistrée de façon synchrone. La dérivation DII est généralement utilisée à cette fin, car elle présente le plus souvent une grande flèche R et un sommet bien isolé. Ce dernier point, ou un autre accident constant du ventriculogramme dans cette dérivation, sert de repère des temps. Connaissant la durée de QRS en DII, il est commode d'exprimer les valeurs obtenues par rapport au début de QRS en DII. De telles mesures ne peuvent donner une notion absolue des temps d'activation ventriculaire : mais elles permettent de comparer utilement entre elles plusieurs séries d'enregistrements : épicardiques, précordiales, endocavitaires.

3°) Le problème de l'enregistrement.

Nous avons vu que l'enregistrement direct n'était pas propre à l'étude de la déflexion intrinsèque. L'oscillographe cathodique suppose un enregistrement photographique. Une caméra à déroulement continu, photographiant le ou les spots lumineux se déplaçant dans un plan perpendiculaire à l'axe de déroulement, nous est apparu comme l'appareillage le plus valable. En faisant varier la vitesse de déroulement du film ou le coefficient d'amplification, il est possible d'augmenter ou de diminuer la pente en chaque point du tracé. La condition idéale pour examiner un segment de tracé est que ce segment s'inscrive en faisant avec l'axe de déroulement un angle de 45°. Cette condition ne peut évidemment pas être réalisée pour tous les points du tracé : le complexe ventriculaire est polymorphe et comporte des accidents rapides comme la déflexion intrinsèque, et des phases plus lentes. Il est nécessaire d'adopter un compromis ; la vitesse du film doit être telle que les accidents rapides soient suffisamment détaillés, sans que les accidents lents soient trop étalés. Compte tenu de la durée de QRS, du rythme cardiaque, de la nature de la déflexion intrinsèque, la vitesse de 100 mm/s nous est apparue comme étant satisfaisante.

B) Les divers appareillages utilisés

1°) Une première série d'enregistrements fut effectuée avec un appareil Sanborn Polyviso, à quatre canaux et à inscription directe. Les caractéristiques de cet électrocardiographe sont suffisamment connues pour ne pas être rappelées ici. Les résultats obtenus furent jugés imparfaits pour plusieurs raisons :

— sensibilité insuffisante dans les gammes de fréquence élevée : la limite de cet appareil se situe en effet autour de 60 cycles seconde ;

— vitesse de déroulement trop faible ;

— repérage chronologique imprécis à cause de l'épaisseur du trait, du défaut de synchronisme des plumes chauffantes, des mouvements de lacet du papier lors du déroulement.

2°) Par la suite, nous avons utilisé un ensemble, mis au point par le Professeur Agrégé Corriol et comportant un oscillographe à deux canaux et une caméra à déroulement continu. Deux types d'oscillographes ont été successivement employés.

— L'oscillographe Cossor, type 1049, se compose d'un double préamplificateur symétrique de gain 10.000 environ, à deux étages reliés par des résistances-capacités. La différentialité de ce montage est supérieure à 5.000.

— L'oscillographe Nagard, DT 103, comporte des amplificateurs symétriques à liaison directe.

Les caractéristiques de cet appareillage sont les suivantes :

Différentialité : 5.000.

Bruit de fond à pleine amplification : 40 microvolts.

Amplification : si l'on utilise l'amplificateur de la base de temps, le gain maximum est de 400 avec une chute de 6 décibels aux environs de 40.000 cycles/seconde. Sans amplificateur de la base de temps, le gain est de 80 avec une chute de 6 décibels aux environs de 500.000 cycles/seconde.

L'amplificateur à courant continu donne à cet oscillographe une constante de temps pratiquement infinie.

L'utilisation d'une caméra à déroulement continu permet de photographier le déplacement des spots dans une seule direction, sans utiliser le dispositif de balayage. Dans ces conditions, la courbe de réponse est constante et linéaire dans une large bande de fréquence (de 0,5 à 100.000 cycles/seconde).

Ce montage a été complété, en intercalant sur chaque entrée un condensateur de deux microfarads, afin d'éliminer les fluctuations de la ligne de base dues aux courants cutanés. L'utilisation de cet ensemble impose un contrôle minutieux des circuits électriques dans la salle d'opération et une mise à la terre soigneuse de tous les appareils. Il est parfois difficile d'obtenir pour la dérivation DII un tracé rigoureusement exempt de parasites. Mais le voltage relativement élevé des électogrammes épicardiques et la différentialité élevée de l'oscillographe permettent d'enregistrer des tracés épicardiques corrects.

Ce dispositif d'enregistrement utilisé avec les deux types d'oscillographes cathodiques, comporte une caméra à déroulement continu Kymograph Camera, type C4D (Grass Instrument C°). Un moteur électrique entraîne le film à une vitesse maintenue rigoureusement constante par un régulateur électronique, et qui peut atteindre 1.000 mm/sec. Nous avons exposé plus haut les raisons qui nous ont conduit à choisir 100 mm/sec. comme vitesse habituelle.

Le film utilisé est le Kodak. Plus X.

II. - LE MODE DE PRELEVEMENT DES DERIVATIONS

A) Les conditions opératoires

Tous nos enregistrements ont été pratiqués au cours d'interventions de chirurgie cardio-vasculaire. Les commissurotomies mitrales ont constitué l'essentiel de notre lot de malades ; bien que ces interventions soient, à l'heure actuelle, des opérations courantes et relativement bénignes, il nous est apparu indispensable de ne pas prolonger inutilement par nos explorations le temps

opératoire. Cette condition était encore plus impérative pour les interventions de plus longue durée, pour les coarctations aortiques par exemple. N'excédant pas dix minutes dans les cas les plus difficiles, nos enregistrements ont été effectués en moyenne en 4 à 5 minutes. L'exploration de la surface ventriculaire a été réalisée chaque fois avant le temps opératoire principal, aussitôt après incision du péricarde dans les commissurotomies, afin d'obtenir les renseignements les plus valables.

Le problème de l'interposition du péricarde.

Parmi les travaux antérieurs, seuls ceux de Barker et Mac Leod, Lenègre, Barbato, Mouquin, concernent des enregistrements strictement épicardiques ; Nylin, Grœdel, Mac Gregor ont exploré la surface ventriculaire encore recouverte par la séreuse péricardique. Dans notre série, les électrogrammes ont été enregistrés sur l'épicarde même, chaque fois que la tactique opératoire exigeait l'ouverture de la cavité péricardique. L'introduction d'une électrode n'a jamais entraîné de complication post-opératoire ; en particulier, l'incidence du syndrome post-commissurotomie n'a pas montré de variation significative chez les sujets explorés, par rapport aux autres mitraux opérés. Toutefois, nous nous sommes interdit la péricardotomie à visée uniquement exploratrice.

Dans un certain nombre de cas, nous avons donc effectué des enregistrements à la surface du péricarde :

— dans 7 cas de coarctation aortique, une exploration assez large du ventricule gauche a été possible ;

— 3 cas de persistance du canal artériel ont permis l'étude des faces antérieures des deux ventricules.

La valeur de telles explorations a été discutée. On pouvait craindre que l'interposition du péricarde n'altérât la netteté de la déflexion intrinsèque et ne se modifiât la morphologie des complexes. Les contrôles expérimentaux effectués par Kisch, Grœdel et Borchardt montrent, qu'en réalité, les électrogrammes épicardiques et péricardiques sont pratiquement superposables. Nous avons pu vérifier chez l'homme cette identité en comparant les ventriculogrammes obtenus en un même point, par les deux types de dérivation.

Par contre, l'interposition du péricarde rend extrêmement délicate la localisation précise des points explorés. La présence de formations graisseuses masque parfois les repères anatomiques, en particulier au niveau du sillon inter-auriculo-ventriculaire et seul le bord gauche du cœur peut être localisé avec certitude. Cette restriction diminue considérablement la valeur de ces enregistrements et il semble préférable, chaque fois que cela est possible, de placer l'électrode exploratrice au contact même de l'épicarde.

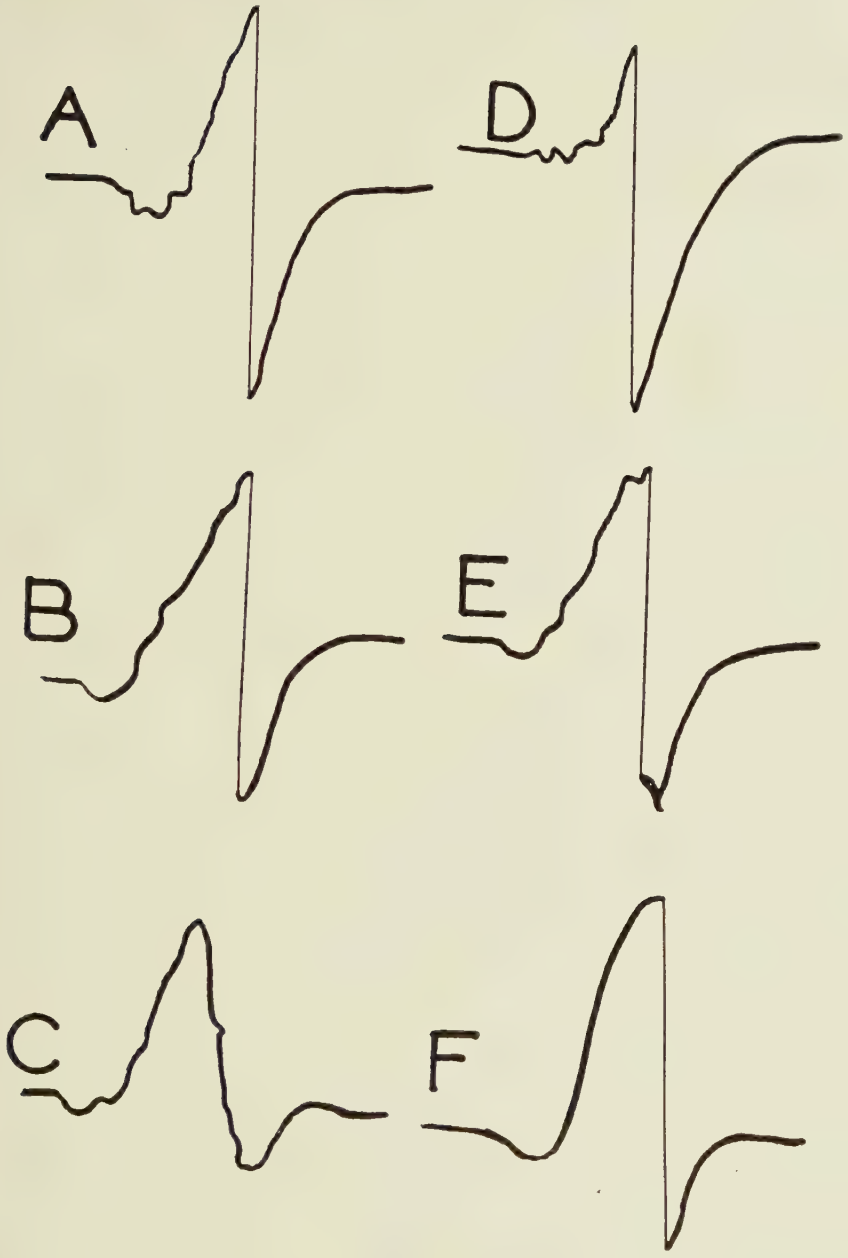


FIGURE 1

Le complexe C a été enregistré avec une électrode de 20 mm. de diamètre.

A, B, D, E et F ont été enregistrés avec une électrode de 2 mm. de diamètre.

L'électrode C recouvre entièrement les points épicardiques A, B, D, E et F.

On remarquera que l'électrogramme recueilli en ces divers points montre des variations morphologiques non négligeables, que ne traduit pas une électrode de grande surface.

Le complexe C ne comporte d'ailleurs pas de déflexixon intrinsèque valable.

B) L'électrode exploratrice

Elle doit répondre à un certain nombre de conditions.

1°) Elle ne doit pas être traumatisante. On connaît, en effet, la sensibilité de l'épicarde à l'irritation mécanique. Le meilleur critère d'inocuité est l'absence de courant de lésion sur les tracés ;

2°) Elle doit être de faibles dimensions pour permettre une exploration précise. Nous avons contrôlé l'influence de la surface de l'électrode sur les tracés épicardiques. Une électrode de grande taille ne peut être maintenue rigoureusement au contact du cœur sur toute son étendue, le point de contact est imprécis. La figure 1 montre qu'en des points relativement proches de l'épicarde, une petite électrode met en évidence des différences morphologiques sensibles, alors qu'une grosse électrode, recouvrant les points précédemment explorés, ne permet pas de visualiser ces détails ; le tracé ainsi obtenu ne présente d'ailleurs pas de déflexion intrinsèque valable.

3°) L'électrode doit pouvoir être repérée exactement et aisément dirigée.

Nous avons utilisé plusieurs types d'électrodes. Le plus simple était constitué par une floche de coton imbibée de sérum physiologique et placée sur le cœur sous contrôle de la vue. Nous lui avons substitué par la suite une lame électrode permettant une exploration plus complète. Un fil électrique est noyé entre deux lames de caoutchouc longues de 30 cm. et larges de 5 cm. Il émerge à une extrémité et se termine par un petit renflement fait d'une gouttelette de soudure. Le diamètre de l'électrode terminale ne dépasse pas deux millimètres. La lame est graduée en centimètres, afin de faciliter le repérage. La plupart de nos enregistrements ayant été effectués à l'occasion de commissurotomies, la voie d'abord est en général une thoracotomie gauche, passant par le 4e espace intercostal gauche.

Le poumon étant récliné en arrière, la face gauche du péricarde, barrée par le nerf phrénique, se présente au chirurgien. L'incision du péricarde placée en arrière du phrénique, entre celui-ci et le pédiculaire pulmonaire, tombe à l'aplomb de la base de l'auricule. Les lèvres de l'incision péricardique une fois reclinées dégagent une grande partie de la surface ventriculaire gauche (qui occupe les 2/3 de l'ouverture péricardique) et mettent en évidence des repères importants : le sillon auriculo-ventriculaire ; l'amorce du sillon inter-ventriculaire antérieur et l'artère du bord gauche, née de l'artère circonflexe ; la lame électrode est alors glissée autour du cœur entre les deux feuillets du péricarde. Elle est poussée progressivement vers le bord gauche et la face postérieure des ventricules. Son extrémité est repérée ensuite sur la face antérieure du ventricule droit et guidée par le chirurgien jusqu'à la face antérieure du ventricule gauche, après avoir croisé la région septale antérieure. L'électrode elle-même est ainsi placée initiale-

FIGURE 2

Schéma montrant les divers trajets de la lame électrode à l'intérieur de la cavité péricardique

De gauche à droite :

1. - « TOUR DU CŒUR » à proximité du sillon interauriculo-ventriculaire.
2. - « TOUR DU CŒUR » à proximité de la pointe.
3. - Exploration du cône pulmonaire. La lame électrode est progressivement retirée depuis le tronc de l'artère pulmonaire jusque sur la face antérieure du ventricule droit.

ment à 2 cm. environ au delà du sillon inter-ventriculaire antérieur. Les enregistrements sont effectués en retirant la lame, millimètre par millimètre. On explore ainsi successivement la région septale antérieure, la face antérieure, puis le bord et la face postérieure du ventricule droit, la région septale postérieure, la face postérieure, le bord et la face antérieure du ventricule gauche. Cette méthode nous est apparue comme un des procédés d'exploration les plus fidèles. En effet, le contact de l'électrode est assuré de façon permanente par la présence du sac péricardique. La lame effectue ainsi parallèlement au sillon inter-auriculo-ventriculaire un « tour du cœur » dont les graduations permettent d'apprécier la circonférence (en moyenne 26 à 28 cm.). Compte tenu de l'incision péricardique, de la configuration du cœur, de la forme et des dimensions de la lame électrode, il est possible d'explorer de façon à peu près identique l'épicarde de plusieurs sujets : plusieurs formations anatomiques empêchent l'ascension vers le haut de la lame, lui assurant un trajet constant ; ce sont les veines pulmonaires gauches, et surtout la veine cave inférieure qui constitue un des points fixes de la masse cardiaque (Fig. 2).

Cette technique est, par ailleurs, la seule permettant une exploration valable de la face postérieure des ventricules et de la projection postérieure du septum inter-ventriculaire qui n'a jamais, à notre connaissance, été entreprise de façon précise.

D'autres zones épicardiques ont été également étudiées en utilisant la même lame poussée à l'intérieur du sac péricardique dans des directions différentes (vers la pointe ou vers la région infundibulaire par exemple). Dans ces cas, la position exacte de l'électrode est déduite de la direction de la lame et des distances par rapport aux points de repère de la surface ventriculaire. Certaines régions sont difficilement accessibles à l'électrode habituelle et ont été explorées grâce à une électrode digitale, de dimensions identiques, fixée sur l'index de l'opérateur. Cette électrode a été seule utilisée dans les cas où la péricardectomie n'a pas été pratiquée.

Dans un cas de sténose pulmonaire valvulaire, l'incision du péricarde a été pratiquée en avant du phrénique, donnant un jour large sur la voie artérielle pulmonaire. La lame électrode fut introduite selon le mode habituel et les régions explorées furent identiques.

Une fois le prélèvement des dérivations terminé, les régions explorées sont immédiatement reportées sur un schéma en fonction des repères anatomiques indiqués plus haut. L'issue malheureuse d'une commissurotomie nous a permis de vérifier l'exactitude de nos repérages.

Nous avons pu avec cette technique, obtenir jusqu'à 250 dérivations épicardiques chez le même sujet. Une exploration standard, type « tour du cœur » coimportant 30 à 90 complexes épicardiques a pu être réalisée dans 30 cas. Il est possible que certaines régions

aient échappé à nos investigations. Néanmoins, les résultats nous paraissent suffisamment homogènes pour justifier quelques conclusions d'ensemble sur l'activation ventriculaire.

4°) Le problème de l'électrode distale.

La plupart des auteurs ont choisi comme électrode périphérique la borne centrale de Wilson. Cependant Barker a utilisé la jambe gauche et Grœdel, dans son étude basée sur 100 cas, a utilisé tantôt le bras droit, tantôt le cou. La différence entre deux tracés unipolaires utilisant comme électrode distale soit le bras droit, soit le CT de Wilson est petite, mais non négligeable. Aussi nous est-il paru souhaitable d'utiliser pour nos explorations épicardiques un mode de dérivation identique à celui des enregistrements précordiaux qui utilisent le « Central terminal », afin de permettre des confrontations valables entre les deux séries de documents.

III. - METHODES D'ANALYSE DES DOCUMENTS

Après développement, les films sont examinés et les résultats consignés, en fonction des notes prises lors des enregistrements.

Plusieurs procédés de lecture sont utilisés :

— l'examen sur un lecteur de microfilm dont l'écran a été préalablement gradué en fonction du coefficient d'agrandissement du système optique ;

— l'agrandissement exact par projection avec reproduction à la main ;

— l'agrandissement exact avec tirage photographique.

La vitesse de déroulement du film rigoureusement constante, étant de 100 mm/s., 1 mm mesuré sur le film selon l'axe de déroulement correspond à un intervalle de temps de 2 millisecondes. Les documents reproduits sont agrandis cinq fois, un millimètre sur l'agrandissement représente alors 2 millisecondes.

Les documents sont étudiés selon trois points de vue :

— Amplitude des électrogrammes. — Elle est considérable, 10 à 15 fois supérieure à celle de la dérivation standard enregistrée de façon synchrone, comme le montre le rapport d'amplification des deux canaux de l'oscillographe.

Nous n'en avons toutefois pas fait une étude systématique.

— Aspect morphologique des complexes. — Les conventions de polarité utilisées sont les mêmes que celles employées pour les enregistrements précordiaux. Une augmentation de potentiel de l'électrode épicardique par rapport au « Central Terminal » de Wilson se traduit par une déflexion vers le haut. Les divers acci-

dents sont désignés selon la nomenclature habituellement employée pour les électrocardiogrammes courants. L'enregistrement à grande vitesse nous a permis de mettre en évidence des détails morphologiques que nous envisagerons plus loin.

— Etude chronologique. — Elle est basée sur la mesure du temps d'apparition de la déflexion intrinsèque, considérée comme un critère d'activation du myocarde sous-jacent à l'électrode exploratrice. Nous avons choisi pour repère de cet accident le milieu de cette déflexion. Les mesures sont établies par rapport à un point caractéristique de la dérivation DII enregistrée de façon synchrône, le plus souvent le sommet. R. Peytavy a calculé le degré de précision des mesures effectuées selon cette méthode, en tenant compte de tous les facteurs d'erreur introduits par les variations possibles de la morphologie de DII, le choix des repères sur la déflexion intrinsèque, les variations du spot. Dans 70 % des cas, l'erreur est inférieure à ± 1,5 milliseconde.

Nous n'avons pas tenu compte des complexes anormaux survenus accidentellement en cours d'enregistrement. Schématiquement, deux éventualités sont possibles :

— la dérivation DII est profondément modifiée : QRS élargi, déformé. Il s'agit le plus souvent d'une extrasystole ventriculaire ;

— la dérivation épicardique est modifiée par un courant de lésion qui n'a pas toujours sa traduction en dérivations périphériques.

Dans un cas comme dans l'autre, l'étude morphologique et chronologique des complexes épicardiques n'est pas valable.

Les temps d'apparition de la déflexion intrinsèque, établis par rapport à un point remarquable de la dérivation DII, pourraient être exprimés en prenant comme origine des temps la déflexion intrinsèque plus précoce. Cette méthode est discutable, étant donné que l'on ne peut jamais affirmer qu'un point donné de l'épicarde est le premier activé, si l'on ne réalise pas une exploration de toute la surface ventriculaire. C'est pourquoi il nous a semblé plus logique de ramener toutes nos mesures au début de QRS en dérivation DII, étant entendu que le début de QRS en DII ne correspond pas nécessairement au début de la phase de dépolarisation, généralement plus précoce de quelques millisecondes. Ce procédé permet l'étude comparée avec les dérivations précordiales. Comme nous l'avons déjà souligné plus haut, ces mesures sont toujours relatives et nous avons constaté comme Barbato, que le début de l'électrogramme épicardique peut précéder ou suivre le début de QRS en DII.

TABLEAU N° 2

Electrodes utilisées

Auteurs	Electrode exploratrice	Electrode indifférente
Barker	Electrode impolarisable en fil d'argent terminée par une floche de coton humide — diamètre 7 mm.	Jambe gauche
Puddu	Coton — 3 à 5 mm.	Jambe gauche
Nylin	?	?
Groedel	Fil enrobé de gaze — 3 x 10 mm.	Bras droit ou cou
Mac Gregor	Fil enrobé de coton — diamètre 12,5 mm.	Central Terminal
Lenegre	Disque d'argent — diamètre 13 mm.	Central Terminal
Barbato	Fil de platine dans un Catheter type Cournand	Central Terminal
Magri	Floche de coton ou électrode d'argent de 2 x 2 mm.	Central Terminal
Mouquin	Disque de métal — diamètre 13 mm.	Central Terminal
Herold	Disque de 7 mm. de diamètre entouré de gaze	Central Terminal
Wasserburger	Disque de zinc — diamètre 8 mm.	Central Terminal

TABLEAU N° 3

Appareillages utilisés

Auteurs	APPAREILS
Barker*	Enregistrement photographique — 25 mm/s. - DII de référence
Puddu*	Enregistrement photographique — 25 mm/s. - 2 dérivations épicardiques synchrones. Pas de dérivation standard de référence.
Groedel*	Enregistrement photographique — 50 mm/s. référ. standard.
Mac Gregor*	Enregistrement direct — 25 mm/s. - pas de référence
Lenegre	Enregistrement direct (Sanborn Visocardiette) — 25 mm/s. - pas de référence
Barbato	Enregistrement direct — 25 mm/s. - pas de référence (1952) — 50 mm/s. - DI ou DII de référence (1958)
Magri	Enregistrement direct — 40 mm/s. (Twin viso) — 50 mm/s. Enregistrement photographique — 100 mm/s.
Wasserburger	Enregistrement photographique — 25 et 50 mm/s. (Sanborn twin Beam)

N. B. — Le signe * indique que les auteurs n'ont pas précisé le détail de leur appareillage. Les indications portées dans ce tableau sont, dans ce cas, approximatives et déduites des figures publiées.

Il est vraisemblable que les enregistrements de Barker, Puddu et Groedel ont été réalisés à l'aide d'un appareil à corde.

Nous n'avons aucune indication sur l'appareillage utilisé par Nylin et Herold.

SUMMARY

The study of epicardial potentials requires an adequate apparatus. We had several objectives :

— *to produce tracings which would permit exact morphological and chronological studies of epicardial leads ;*

— *to explore the epicardium as completely as possible, including the posterior surfaces of the ventricles ;*

— *to obtain from a number of subjects, tracings from the same level on the epicardium, in order to make comparison between them.*

We used double beam cathodic tubes, one channel recording the epicardial unipolar lead (with Wilson C.T.), the other recording lead DII.

Use was made successively of a COSSOR 1049 and of a NAGARD DT 103 oscillograph. Most of the records were performed with the later one.

A C4D Grass camera was used ; the electronically controlled speed (100 mm second) *allowed us to get a good inscription of fast accidents* (*as the intrinsic deflection*) *without excessive elongation of slow phenomena.*

The electrodes are made of a small drop of solder, with a contact surface of less than 3 sq mm, attached to a 30 × 30 cm rubber support. This rubber plate, previously graduated, is slid into the pericardial cavity, firstly all around the heart, and then in various directions, in order to explore the whole epicardium. A similar electrode fixed on the finger tip permits the operator to explore hidden points, if not possible by means of the rubber sheet.

Pericardotomy is performed only when necessary for surgical reasons. Pericardial leards have been so registered, when it was impossible to explore the epicardium directly.

Tracings recorded on a 35 mm standard film are enlarged to a Known and constant size for purposes of examination :

— *Voltage of electrograms.*

— *Morphological study.*

— *Chronological study of the intrinsic deflection.*

CHAPITRE III

ETUDE DES RESULTATS

A) Matériel d'étude

Nous avons rassemblé les résultats de 96 explorations de l'épicarde chez l'homme, effectuées au cours d'intervention de chirurgie cardiaque au Centre Cantini. Ils se répartissent de la façon suivante :

— *Enregistrements directs* - (Sanborn Polyviso) - vitesse : 50 mm/s - Dérivation de référence synchrone.

10 cas : 9 sténoses mitrales.
1 tétralogie de Fallot.

— *Enregistrements à l'oscillographe cathodique* - 100 mm/s.

86 cas : 73 sténoses mitrales.
7 coarctations aortiques.
3 persistances du canal artériel.
1 sténose valvulaire pulmonaire.
1 kyste hydatique du cœur.
1 épithélioma pulmonaire.

Sur le total de ces 96 sujets, le péricarde ne fut ouvert que 86 fois. Dans les 10 autres cas (canaux artériels, sténose isthmique de l'aorte), les enregistrements électriques furent pratiqués à la surface du péricarde.

L'exploration complète du « tour du cœur » au moyen de la lame électrode fut réalisée chez 30 patients ; dans tous ces cas, d'autres régions de l'épicarde ont été également étudiées. Le total des électrogrammes enregistrés par cette méthode a pu

atteindre 250. Notre étude est essentiellement basée sur ces 30 cas privilégiés, car ils nous ont paru les moins critiquables en ce qui concerne l'étendue et le repérage des régions explorées. Les autres documents, qui concordent d'ailleurs avec les précédents, ne sont utilisés qu'à titre complémentaire.

B) Généralités

1°) Sur la plupart de nos documents figure une déflexion intrinsèque répondant aux critères exigés par les physiologistes. Cet accident survient en un point variable du complexe QRS. Nous n'avons qu'exceptionnellement rencontré une déflexion intrinsèque se produisant immédiatement au début du ventriculogramme, réalisant un aspect QS comparable à certains tracés endocavitaires ou intramuraux profonds. En général, la déflexion intrinsèque, même lorsqu'elle est précoce, est précédée par un petit R ou par un segment vibré de faible amplitude.

La déflexion intrinsèque est visible sur les tracés péricardiques aussi nettement que sur les tracés épicardiques ; elle présente le plus souvent les caractères classiques.

Dans des circonstances bien définies, nous n'avons pu mettre en évidence aucune déflexion valable :

— lorsque l'électrode exploratrice couvre une large surface. (Voir Fig. 1).

— lorsque l'électrode n'est pas au contact direct de l'épicarde ventriculaire. C'est le cas des tracés enregistrés sur l'artère pulmonaire, qui présentent en général des complexes lents, peu voltés, constitués de deux accidents assez distincts. Lorsque l'électrode, progressivement retirée depuis le tronc de l'artère pulmonaire jusqu'à l'infundibulum, entre en contact avec l'épicarde, le voltage de l'électrogramme augmente brusquement et la déflexion intrinsèque se dessine. A la surface d'un kyste hydatique du cœur, les tracés ne comportent pas de déflexion intrinsèque. Cette dernière apparaît dès que l'électrode parvient sur le myocarde.

Le même phénomène, aisément explicable, se produit lorsque l'on interpose entre le cœur et l'électrode une languette de poumon.

Cette déflexion intrinsèque peut se présenter de façon différente suivant la morphologie du ventriculogramme dans lequel elle survient. Elle est en général d'une seule venue et dépourvue de crochetages dans les complexes de type RS, qR, qRS ou qRS ; elle est parfois crochetée dans les complexes rS. Dans certains cas, des aspects polyphasiques sont notés, du type rsr'S ; l'accident considéré comme déflexion intrinsèque vraie est le segment descendant qui suit r', et qui correspond à la variation de potentiel la plus rapide et la plus importante.

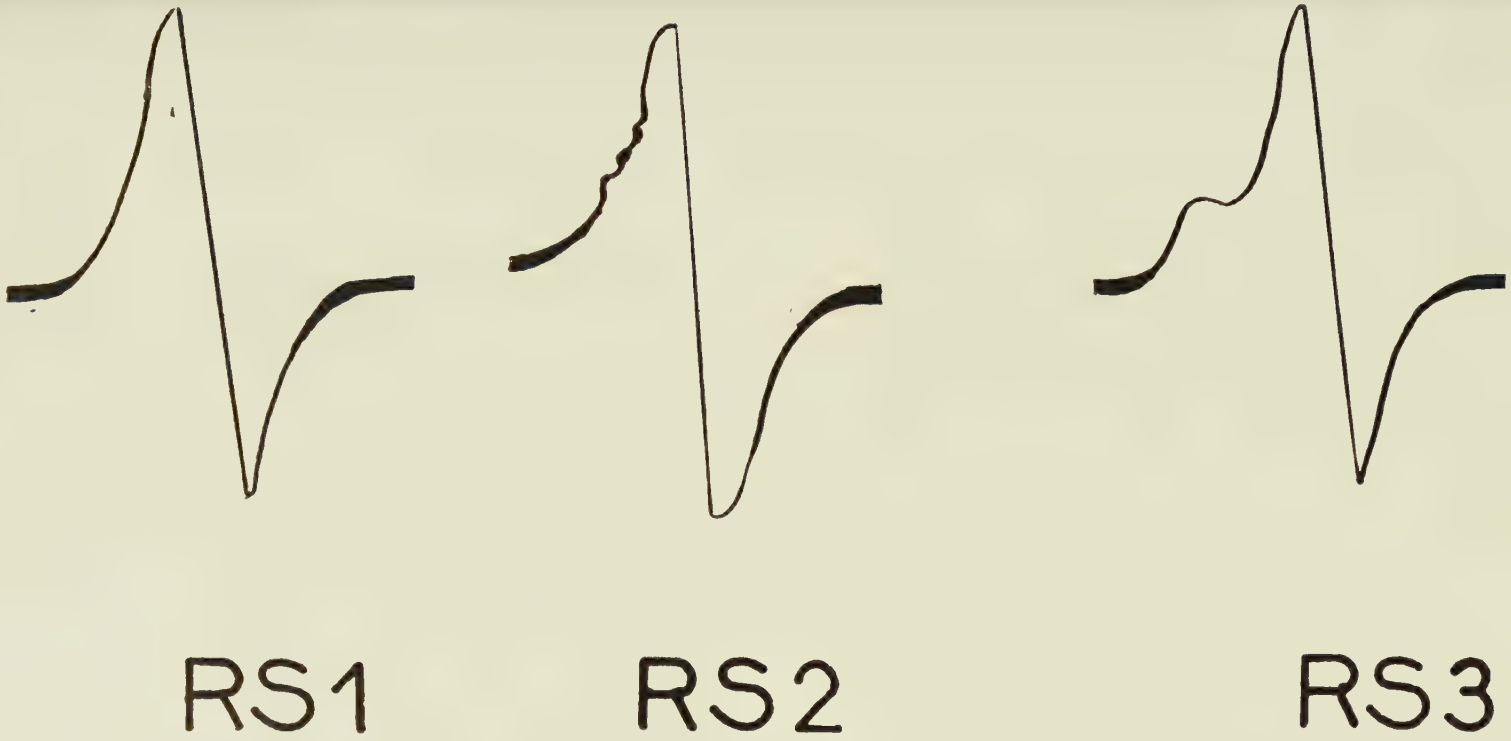


FIGURE 3

LES DIFFERENTES VARIETES DE COMPLEXES RS MISES EN EVIDENCE PAR L'ENREGISTREMENT A GRANDE VITESSE

RS TYPE 1 - La branche ascendante de R est d'une seule venue, sans crochetages.

RS TYPE 2 - Un ou plusieurs crochetages s'inscrivent sur la branche ascendante de R.

RS TYPE 3 - Une onde isolée s'inscrit sur la branche ascendante de R, réalisant un aspect rR'.

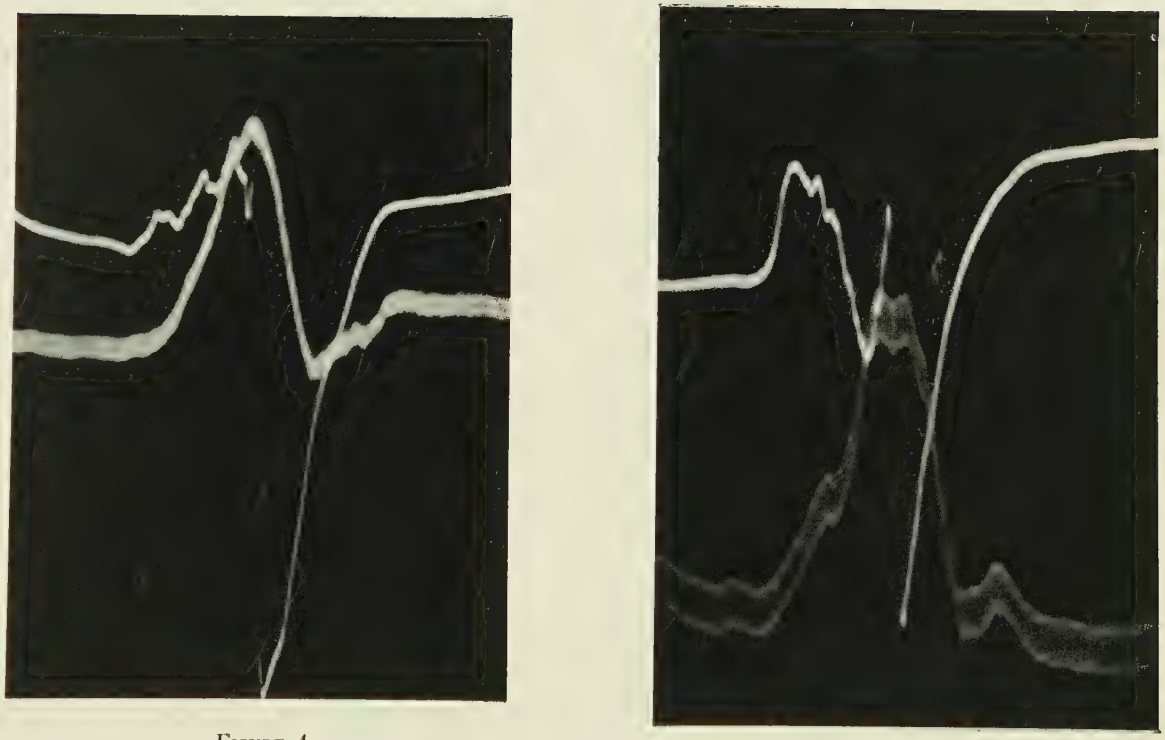


FIGURE 4

LES ASPECTS INITIAUX DU VENTRICULOGRAMME EPICARDIQUE

1. - Précédant un complexe rapide de type rS, s'inscrit un segment irrégulier comportant plusieurs crochetages caractéristiques de « l'accident vibré initial ».
   Complexe recueilli sur la région septale postérieure.
2. - L'accident initial comporte essentiellement une onde lente, nettement isolée et précédant un complexe rapide de type rS.
   Complexe recueilli sur la région paraseptale antérieure.
   Nous avons adopté, pour désigner les accidents initiaux du ventriculogramme quel qu'en soit le type, le symbole (v).

Nous avons constaté que ces complexes polyphasiques en M ou en W n'étaient pas dus, comme le pensait Barbato, à la défectuosité des électrodes ou à un contact mal assuré, mais correspondaient à des aspects électriques fréquemment rencontrés dans les régions paraseptales.

2°) La plupart de nos enregistrements ont été pratiqués en déplaçant progressivement l'électrode sur l'épicarde ; ils recueillent ainsi des images correspondant à des points très rapprochés. Cette méthode met en évidence une transformation régulière de la morphologie des complexes et une évolution régulière aussi des temps d'apparition de la déflexion intrinsèque. Autant que nous puissions en juger, un électrogramme prélevé en un point donné, diffère peu de ceux prélevés en des points voisins. Seuls varient quelques détails : la profondeur et la largeur d'une onde Q, l'amplitude de la flèche R par exemple. Nous n'avons jamais trouvé dans nos explorations de « point aberrant », présentant des caractères morphologiques et chronologiques totalement différents de ceux d'un point voisin.

Cette évolution régulière est bien mise en évidence sur les diagrammes d'activation.

C) Etude analytique

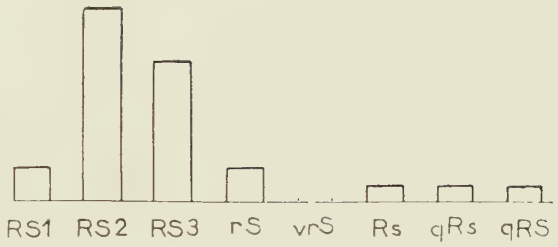
L'électrogramme épicardique sur les diverses régions

a) La face antérieure du ventricule droit.

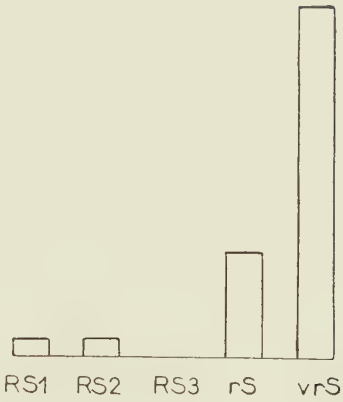
Sur cette région, dont l'activation est relativement précoce, on enregistre presque exclusivement des complexes de type rS ou RS. Il y a des variations de détail intéressantes.

Quelques auteurs, sur des enregistrements pratiqués à la vitesse de 50 mm/s avaient parfois noté, dans les complexes de type RS, un épaississement ou un crochetage de la branche ascendante de R. Prinzmetal et coll., utilisant chez le chien un appareillage comparable au nôtre, ont tenté de préciser les variations morphologiques du R épicardique. Nous avons retrouvé chez l'homme, trois types qui se rapprochent de ceux décrits par ces auteurs. Le premier (que nous nommons RS1) présente une flèche R d'une seule venue. Dans le second (RS2), la branche ascendante du R comporte un crochetage ou un épaississement plus ou moins net. Le troisième type (RS3) est caractérisé par un accident lent, positif, assez bien détaché, sur la branche ascendante ; dans certains cas, cet accident est particulièrement net, le tracé atteignant presque la ligne isoélectrique entre les deux sommets, chez un même sujet, on peut rencontrer soit un type univoque, soit une variation progressive d'un type à l'autre (Fig. 3).

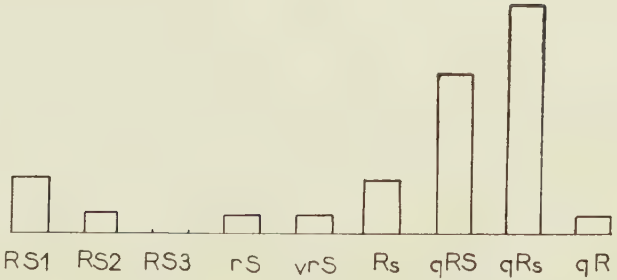
Les complexes du type rS pur sont relativement rares. Le plus souvent, un segment initial s'individualise, au-dessus de la ligne



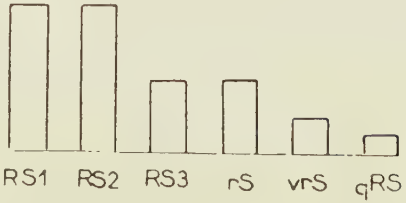
BORD DROIT



ZONE TRABECULAIRE



VG POSTERIEUR



VD ANTERIEUR

FIGURE 5

REPARTITION STATISTIQUE DES DIVERS TYPES MORPHOLOGIQUES AU NIVEAU DU VENTRICULE DROIT
(Etablie d'après 30 séries d'enregistrements épicardiques comportant une exploration complète de toute la circonférence du cœur)

isoélectrique, avant la positivité du r. Il présente souvent un aspect vibré, fait de plusieurs ondulations inégales. Il peut se poursuivre jusqu'au sommet de r ou au contraire s'effacer avant : dans ce cas, il forme à lui seul un accident isolé, distinct du r, durant 4 à 5 millisecondes. On retrouve alors fréquemment cet aspect au niveau de la région septale antérieure (Fig. 4).

Dans les premiers documents que nous avons recueillis, le segment initial précédant l'onde r revêtait le plus souvent le type vibré. Nous avions désigné cet accident vibré initial par la lettre (v). Nous avons conservé cette terminologie pour désigner l'accident électrique lent, survenant avant l'onde R dans les électrogrammes de type rS ou RS2 et 3. Les enregistrements en des points très rapprochés montrent en effet que l'accident (v) des complexes rS, les crochetages de la branche ascendants de R dans les complexes RS2 et l'onde lente du complexe RS3 apparaissent en des temps pratiquement identiques et semblent donc correspondre au même phénomène électrique.

Plusieurs régions sont à considérer sur la face antérieure du ventricule droit, leurs limites respectives doivent être précisées.

Nous décrivons sous le nom de « zone trabéculaire » la projection sur l'épicarde d'une partie de la chambre ventriculaire située entre la pointe du ventricule droit, le septum interventriculaire et le muscle papillaire antérieur. Elle doit son nom à la structure réticulaire du myocarde qui forme à son niveau des travées orientées en tous sens ; le terme de « zone trabéculaire » a été parfois étendu à la totalité de la paroi libre du ventricule droit, alors qu'il ne s'applique en fait qu'à la région du ventricule droit proche de la pointe, où le muscle ventriculaire est mince et présente un aspect spongieux.

Nous avons constaté à ce niveau, chez l'homme, des temps d'activation très précoces ; cette région est la première activée, chez les sujets présentant un électrocardiogramme normal.

Ce résultat concorde avec l'opinion de la plupart des auteurs actuels (Barbato en particulier), mais diffère de ceux obtenus par Barker.

Nous avons remarqué que la zone trabéculaire était moins précocement activée en cas de surcharge ventricule droite.

La morphologie relevée dans la zone trabéculaire est essentiellement du type (v) rS, parfois rS. Nous avons noté très rarement un aspect RS qui ne revêtait jamais le type 3.

La zone centrale antérieure du ventricule droit, limitée en bas et en dehors par le bord droit, en haut par la margelle auriculo-ventriculaire et le cone pulmonaire, en bas par la zone trabéculaire, est considérée par la plupart des auteurs comme présentant une morphologie constante. Pour Grœdel, c'est sur cette région que l'on trouve l'électrogramme droit typique (right part-electrogram) de morphologie rS. Brusca y enregistre le même aspect, alors que Lenègre trouve à la fois des complexes rS et RS.

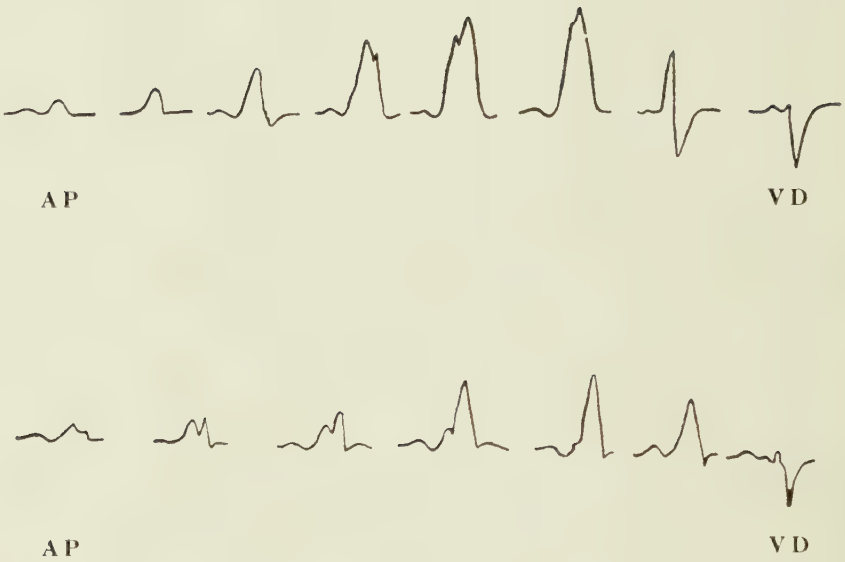


FIGURE 6

EXPLORATION DU CONE PULMONAIRE

au moyen d'une électrode retirée lentement depuis le tronc de l'artère pulmonaire jusque sur la face antérieure du ventricule droit.

Chez les sujets ne présentant aucun signe de surcharge ventriculaire droite, on peut enregistrer sur le cône pulmonaire des ventriculogrammes de type rS. Mais dans certains cas (tracé du haut), il est possible de recueillir sur cette région des ventriculogrammes comportant une grande flèche R.

En cas de surcharge ventriculaire droite, on enregistre plus fréquemment sur le cône pulmonaire des complexes de type R, avec une déflexion intrinsèque très tardive. (Tracé du bas).

Nous avons rencontré principalement la morphologie RS et surtout ses types 1 et 2, le type 3 n'étant rencontré qu'occasionnellement. Des aspects rS ont été également retrouvés, précédés ou non de l'accident vibré initial (v).

Dans un seul cas, nous avons retrouvé sur la face antérieure du ventricule droit, un complexe qRS avec une déflexion intrinsèque tardive. Il s'agissait d'une forte surcharge ventriculaire droite (Fig. 5).

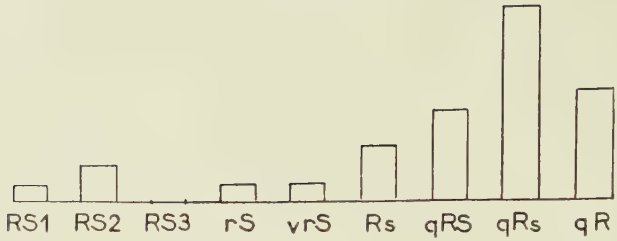
La partie haute du ventricule droit est constituée essentiellement par l'infundibulum pulmonaire. Extérieurement, elle correspond à ce que plusieurs auteurs nomment le « cône pulmonaire ». La crête supérieure ventriculaire, constituée par l'éperon de Wolf, est une formation profonde qu'il n'est pas légitime d'utiliser comme repère à la surface de l'épicarde. La représentation graphique qu'en donne Wasserburger, dans une récente publication, est critiquable du point de vue anatomique.

D'après nos enregistrements, il ne semble pas que l'on puisse attribuer aux électrogrammes prélevés sur cette région un type univoque : c'est la zone qui présente les plus grandes variations. On peut, en effet, rencontrer soit la morphologie rs, soit la morphologie Rs. Nous n'avons jamais obtenu de complexe type RS. Les enregistrements effectués en retirant lentement l'électrode depuis l'artère pulmonaire jusque sur la zone centrale du ventricule droit, montrent une transformation progressive :

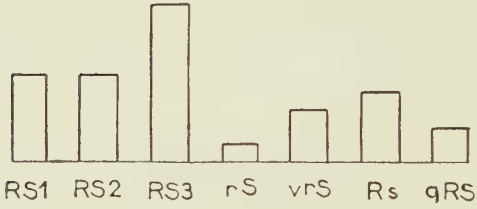
Sur l'artère pulmonaire, on enregistre des complexes bas voltés sans déflexion intrinsèque, le plus souvent polyphasiques, en M, avec deux accidents assez nettement détachés. Dans une première série de tracés, le deuxième accident du M augmente, la déflexion intrinsèque apparaît après une flèche R importante, le temps d'activation est relativement tardif.

Dans la deuxième série de tracés, le deuxième accident au lieu d'augmenter d'amplitude, disparaît peu à peu et une déflexion intrinsèque, relativement précoce, s'inscrit sur un complexe de type rS.

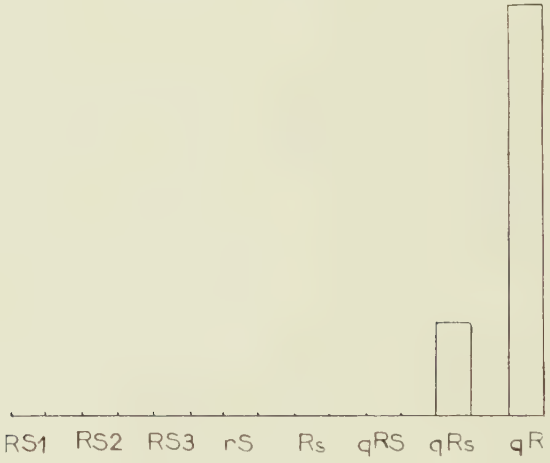
Des complexes comportant une grande flèche R sont enregistrés plus souvent chez les sujets porteurs d'une surcharge ventriculaire droite. Dans un cas de sténose valvulaire pulmonaire, nous avons enregistré sur l'infundibulum de l'artère pulmonaire une morphologie Rs, avec un temps d'activation très retardé. Mais ce n'est pas une règle absolue et des flèches R ont été constatées sur cette région en l'absence de surcharge ventriculaire droite. En cas de trouble de conduction intraventriculaire à type bloc complet ou incomplet de la branche droite, les deux accidents sont nettement individualisés, parfois séparés par un retour à la ligne isoélectrique, le deuxième accident étant très tardif. Cet aspect rappelle de très près les images obtenues en dérivations endocavitaires lors du passage au niveau de l'orifice de l'artère pulmonaire. Il importe de savoir que cet aspect R n'est constaté que dans une zone assez étroite. Sur les enregistrements continus obte-



VG ANTERIEUR



VD POSTERIEUR



BORD GAUCHE

FIGURE 7

REPARTITION STATISTIQUE DES DIVERS TYPES MORPHOLOGIQUES au niveau du VENTRICULE GAUCHE

(Etablie d'après 30 séries d'enregistrements épicardiques comportant une exploration complète de toute la circonférence du cœur)

nus, entre l'artère pulmonaire et la face antérieure du ventricule droit, l'électrogramme reprend rapidement l'aspect rS qui se retrouve de façon constante au niveau de la région trabéculaire (Fig. 6).

Ceci concorde avec les résultats obtenus par Wasserburger lors de l'exploration de 15 cas de surcharge ventriculaire droite, cet auteur constate que l'image rR enregistrée au niveau de la cet auteur constate que l'image rR' enregistrée au niveau de la 12 cas, ne couvre en fait qu'une région assez limitée.

Sur la partie haute juxta-auriculaire du ventricule droit, on enregistre fréquemment des complexes polyphasiques en W ou en M, constatés déjà par Brusca et Magri, ils rappellent d'une part les tracés recueillis à la jonction artère pulmonaire ventricule droit et, d'autre part, les ventriculogrammes recueillis à la surface de l'épicarde auriculaire.

b) Le bord droit. — La topographie de cette zone est assez difficile à définir du point de vue anatomique sur le cœur vivant. En effet, il n'y a pas de limite nette, d'arête entre les deux faces du ventricule droit comme sur le ventricule gauche. Cependant, cette région, du point de vue électrique, possède plusieurs particularités.

La morphologie des électrogrammes est presque toujours RS, dans ses variétés 2 ou 3. Plus rarement, on note soit un aspect RS type 1, soit un aspect rS. L'image Rs a été enregistrée à ce niveau dans un cas de trouble mineur de la conduction intraventriculaire (bloc incomplet de la branche droite). Dans un cas de forte surcharge ventriculaire droite, nous avons noté les aspects qRS ou qRs.

Mais le point le plus caractéristique de cette zone du bord droit est son activation relativement tardive. Dans tous les cas, les temps d'apparition de la déflexion intrinsèque dépassent nettement ceux enregistrés en tout autre point de l'épicarde ventriculaire droit. Ce retard du bord droit, présent chez les sujets dont l'électrocardiogramme est normal, est majoré dans les cas de surcharge ventriculaire droite, de bloc complet ou incomplet de la branche droite.

c) La face postérieure du ventricule droit. — Les électrogrammes le plus souvent rencontrés présentent l'aspect RS. Le type 3 est le plus courant. Viennent ensuite à égalité les types 1 et 2. Nous avons noté également d'autres morphologies : Rs (v), rS, qRS, cette dernière concernant des cas de forte surcharge ventriculaire droite.

Les temps d'activation sont du même ordre que ceux de la face antérieure du ventricule droit. Ils sont toujours inférieurs à ceux relevés sur le bord droit.

d) La face postérieure du ventricule gauche. — Les complexes enregistrés comportent presque tous une grande flèche R. Mais les variations en sont nombreuses.

Les types les plus fréquents sont les types qRS et qRs. Viennent ensuite les aspects Rs et RS (ce dernier ne revêtant jamais le type 3). L'aspect rS ou (v) est obtenu rarement (Fig. 7).

Les temps d'activation sont en générarl plus tardifs que ceux de la partie homologue du ventricule droit. Ils vont en augmentant, au fur et à mesure du déplacement de l'électrode vers le bord gauche.

Chez les mitraux, si l'on en croit les travaux de Grant, la face postérieure du ventricule gauche représenterait une surface relativement étroite, en raison de l'atrophie de la paroi postérieure de la chambre de chasse ventriculaire gauche.

e) Le bord gauche. — Le repérage anatomique en est simple même à travers le péricarde, et l'exploration facile. L'aspect électrique en est assez univoque : grande flèche R, constamment précédée d'une onde q, et suivie parfois d'une onde s.

On observe à ce niveau des temps d'activation très tardifs. Les chiffres que nous avons obtenus sont de l'ordre de 50 à 80 m.s. par rapport au début de DII. Les valeurs les plus fortes sont enregistrées en général sur la partie haute juxta-auriculaire du bord gauche. Le bord gauche est, en effet, une des zones les dernières activées à la surface de l'épicarde. La constatation en un point d'une déflexion intrinsèque très tardive survenant dans la partie haute terminale d'un ventriculogramme comportant une grande flèche R et non suivie par une onde S, montre qu'aucune activité électrique ne se manifeste après l'activation de ce point.

Ce retard est constaté au niveau du bord gauche chez les sujets à ventriculogramme normal. Nous verrons plus loin comment la survenue d'une surcharge ventriculaire ou d'un trouble de conduction droit modifie ces rapports chronologiques.

f) La face antérieure du ventricule gauche. — Les morphologies rencontrées s'apparentent à celles du bord gauche par la dominance des grandes flèches R, mais les variations sont nombreuses. Le plus souvent, l'aspect est qRs ou qR, plus rarement Rs. Près de la région paraseptale antérieure, on trouve quelquefois les types rS ou (v) rS. La morphologie RS est représentée, mais uniquement par les types 1 et 2.

Du point de vue chronologique, comme sur la face du ventricule droit, il existe un retard progressif des temps d'activation au fur et à mesure que l'on se rapproche du bord gauche des valeurs relativement faibles étant enregistrées au niveau de la région parasternale.

Des constatations identiques ont été faites en dérivations péricardiques chez des sujets présentant un certain degré de surcharge ventriculaire gauche : les morphologies sont identiques ; les temps d'apparition de la déflexion intrinsèque apparaissent légèrement plus tardifs que chez les autres sujets. Mais l'explora-

tion incomplète dans ces cas de l'épicarde ventriculaire droit, rend impossible l'étude précise des rapports de chronologie entre les deux ventricules.

g) Les régions septales. — Elles présentent des caractères bien particuliers que seul l'enregistrement à grande vitesse permet de détailler. Leur étude n'a été, jusqu'ici, que fragmentaire.

On considère généralement, sur la foi de documents souvent incomplets, que l'électrogramme des régions septales, de la région antérieure en particulier, représente un compromis entre les électrogrammes droits type RS ou rS et les électrogrammes gauches type qRs. Ainsi s'est établi le concept d'une zone de transition à la surface de l'épicarde ventriculaire. On sait à quelles interprétations cette notion a donné lieu dans l'étude des dérivations précordiales. Barbato, en 1957, avait déjà montré que des complexes de formes variées pouvaient être enregistrés sur la région septale antérieure, souvent très différents des complexes dits de transition.

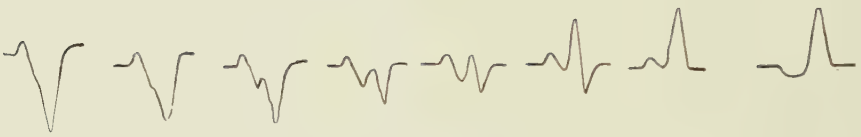
La difficulté principale dans l'étude de cette région est son repérage anatomique. Il importe de connaître avec précision la topographie du septum interventriculaire et de ses projections épicardiques.

— *Les repères extérieurs du septum :* Ce sont essentiellement les sillons interventriculaires antérieur et postérieur, au niveau desquels se situent les artères de même nom. Le sillon postérieur est exceptionnellement exposé lors des interventions : il est rectiligne. Le sillon antérieur peut être facilement exploré sur toute sa longueur, sous contrôle de la vue. Il décrit une portion de spire orientée de haut en bas et de gauche à droite.

— *Orientation générale du septum :* On connaît le mouvement de torsion de la masse ventriculaire sur son grand axe, qui fait que la pointe du ventricule droit est à droite de la pointe du ventricule gauche, alors que l'infundibulum du ventricule droit est en avant du ventricule gauche. La cloison interventriculaire suit ce mouvement de torsion : à peu près frontale dans sa partie haute, elle réalise un mouvement hélicoïdal dans le sens des aiguilles d'une montre, à mesure qu'elle descend vers la pointe. Il est à noter que ce mouvement de torsion se fait essentiellement aux dépens de la partie antérieure de la cloison, ce qui explique l'aspect en S du sillon interventriculaire antérieur. A ce niveau le septum interventriculaire se raccorde de façon tangentielle avec la paroi antérieure du ventricule gauche.

En arrière, l'angle de raccordement avec la paroi ventriculaire est voisin de 90°. Cet aspect est évident sur les coupes du cœur perpendiculaires à l'axe base pointe. La zone de projection antérieure du septum est donc large et spiralée ; la zone postérieure est étroite et rectiligne.

La région septale est caractérisée par un complexe de morphologie rS précédé par un segment vibré initial (v). Cet aspect rappelle celui que nous avons décrit sur la face antérieure du ventricule droit. Assez souvent cette partie initiale s'individualise nettement, formant une onde lente, de faible amplitude, séparée de r. Cette onde est d'autant plus nette que le rythme cardiaque est



CR VD

FIGURE 8

VG

Evolution morphologique du ventriculogramme épicardique de part et d'autre du sillon interventriculaire antérieur.

On remarquera la phase initiale du ventriculogramme, positive sur le ventricule droit, négative sur le ventricule gauche, diphasique + — dans les images intermédiaires.

Cette phase initiale est probablement en rapport avec l'activité électrique du septum interventriculaire.

plus lent. Sa durée totale est de 10 à 25 millisecondes suivant le cas. Cet accident s'inscrit en général de façon précoce, précédant de 5 millisecondes le début de QRS en dérivation DII.

Il est intéressant de suivre les transformations de cette onde de part et d'autre du sillon interventriculaire (Fig. 8).

Dans la région septale antérieure, lorsque l'électrode est déplacée vers la droite, l'onde initiale s'absorbe peu à peu dans la branche ascendante de R. Dans certains cas, elle reste individualisée assez longtemps, donnant au ventriculogramme l'aspect vRS (RS type 3 déjà décrit). Dans d'autres cas, seul persiste un épaississement ou un crochetage de R (RS, type 2). Lorsque l'électrode est déplacée vers la face antérieure du ventricule gauche, l'onde précoce s'intègre peu à peu à l'onde Q du ventriculogramme. Les aspects successifs des électrogrammes dépendent de la durée respective de l'accident initial et de l'onde Q. Des aspects diphasiques peuvent alors être notés, qui semblent indiquer la précession de l'accident initial sur l'onde Q.

La région septale antérieure est activée précocément, mais après la zone trabéculaire du ventricule droit, tout au moins chez les sujets ne présentant pas de surcharge ventriculaire droite marquée. Dans ce dernier cas, en effet, la région septale antérieure est la plus précocément activée.

La région septale postérieure présente de nombreuses ressemblances avec la précédente. L'accident initial, représenté par un segment vibré ou une onde lente individualisée, est retrouvé de façon quasi-constante. La transition avec les électrogrammes ventriculaires droits et gauches se fait, toutefois, de façon plus rapide. Les temps d'activation sont, en moyenne, légèrement plus tardifs que sur la région septale antérieure.

D) Etude synthétique

1°) **L'ensemble des documents rassemblés** est assez homogène. Sans doute, certaines zones de l'épicarde ont pu échapper à nos investigations ; toutefois, les renseignements fournis par nos explorations nous paraissent assez concordants pour justifier une vue d'ensemble de l'activation de la surface ventriculaire. Plusieurs points importants nous paraissent dignes d'intérêt.

Nous n'avons pas constaté de variations majeures dans la morphologie ou la chronologie des électrogrammes recueillis en des points voisins de l'épicarde. Les enregistrements rapprochés tels que nous les avons pratiqués montrent, au contraire, une transformation régulière de la morphologie des complexes et une variation assez régulière des temps d'apparition de la déflexion intrinsèque. Ceci est particulièrement apparent chez les sujets en rythme sinusal. La fibrillation auriculaire modifie peu cette régularité.

Il y a, en général, une concordance assez bonne entre la morphologie des complexes et la chronologie de la déflexion intrinsèque ; à un électrogramme du type qR correspond un temps d'activation tardif et à un aspect rS, une déflexion précoce.

Il existe une intrication des temps d'activation droit et gauche ; les points les plus tardifs du ventricule droit se situent dans le temps, après les points les plus précoces du ventricule gauche. Ceci apparaît clairement dans les diagrammes de temps d'activation autour du cœur. Cette constatation vient à l'encontre de celle de Barbato (1952) qui admettait qu'aucun point ventriculaire droit ne s'activait en même temps qu'un point ventriculaire gauche. Il estimait que le ventricule gauche commençait son activation 30 ms après le début de l'activation droite, et que 20 ms environ séparaient le dernier point droit du premier point gauche.

Il n'y a pas de morphologie caractéristique du ventricule droit et du ventricule gauche. D'une façon très générale, on peut admettre que l'aspect qR correspond au ventricule gauche et l'aspect RS au ventricule droit. Mais la réalité apparaît plus complexe lorsqu'on explore un grand nombre de points. L'image qR appartient surtout au ventricule gauche, mais elle n'y est pas absolument constante ; on la retrouve surtout sur le bord gauche ; nous l'avons également enregistrée sur le bord et la face postérieure du ventricule droit en cas de surcharge ventriculaire droite importante.

Quant aux images RS et rS, elles peuvent être obtenues indifféremment sur les faces antérieures et postérieures des deux ventricules. Nous ne pouvons souscrire à l'opinion de Barbato qui pense que l'on ne trouve jamais d'électrogramme sans onde q sur le ventricule gauche, et que la morphologie est invariablement rS en tous les points ventriculaires droits.

D'après nos documents, la conception d'un électrogramme droit et d'un électrogramme gauche telle qu'elle ressort des travaux de Grœdel, ne nous semble pas correspondre à la réalité. Les zones de projection du septum interventriculaire ne constituent pas uniquement des zones de transition ; elles ont des caractères propres, peut-être en rapport avec l'activité électrique du septum.

Les circonstances n'ont pas permis d'explorer avec une précision suffisante la partie haute sous-auriculaire du ventricule droit. Cette lacune est d'autant plus regrettable que les modifications structurales de cette région interviennent vraisemblablement pour une part importante dans les modifications du champ électrique cardiaque caractéristique des surcharges ventriculaires droites.

2° Schéma général de l'activation à la surface de l'épicarde.

Nous prendrons comme type de destruction le cas des sujets

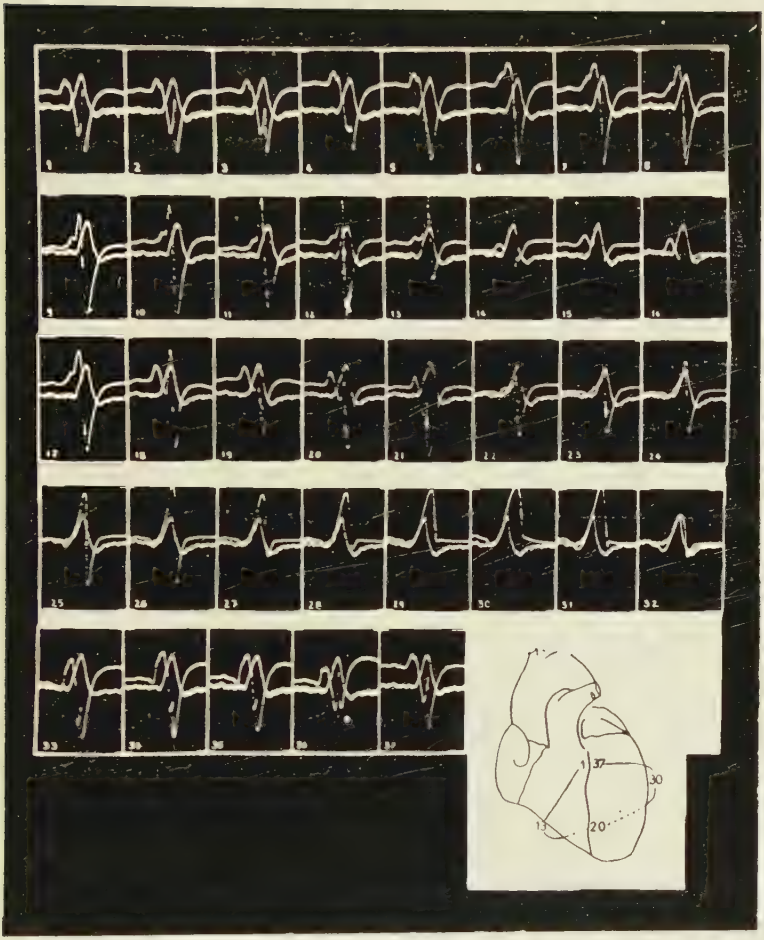


FIGURE 9

ENREGISTREMENT « AUTOUR DU CŒUR »

chez un sujet atteint de sténose mitrale, sans signe électrocardiographique de surcharge ventriculaire droite

Dans chaque image, le tracé supérieur correspond à la dérivation épicardique, l'inférieur à la dérivation D II de référence.

On notera la transformation progressive de la morphologie des complexes d'une région de l'épicarde à l'autre

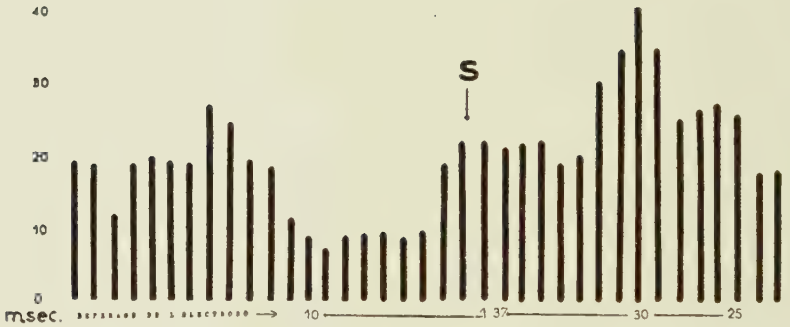


FIGURE 10

DIAGRAMME des TEMPS D'ACTIVATION ÉTABLI CHEZ LE MEME SUJET

Les temps d'apparition de la déflexion intrinsèque sont exprimés en millisecondes par rapport au début de QRS dans la Dérivation D II de référence.

Les chiffres inscrits en bas de la figure permettent de repérer les images épicardiques sur le tableau I. La lettre S indique la projection antérieure du septum interventriculaire.

On remarquera la précocité de la région paraseptale droite et le retard d'activation du bord gauche.

dont l'électrocardiogramme standard ne montre pas de signe de surcharge ventriculaire, ni de trouble de conduction intra-ventriculaire.

La région la première activée se situe sur la face antérieure du ventricule droit, plus précisément au niveau de la zone trabéculaire, où dans un électrogramme de type rS ou (v), rS apparaît la déflexion intrinsèque la plus précoce. Viennent ensuite les régions paraseptales droite et gauche ; en général, les régions paraseptales antérieures s'activent avant les postérieures, mais les différences notées sont minimes. L'activation est ensuite repérée sur les parois libres des deux ventricules en avant et en arrière, les temps ventriculaires gauches étant en moyenne légèrement supérieurs aux temps droits. Les points les derniers activés se situent au niveau des bords du cœur et de la région latérale haute du ventricule gauche. Ainsi pour chaque ventricule, les temps les plus tardifs sont notés au niveau des bords. Il existe le plus souvent un asynchronisme entre l'activation du bord droit et du bord gauche, ce dernier accusant en général un retard de l'ordre de 5 à 10 millisecondes.

Il faut noter également que l'activation de la majeure partie de la surface épicardique se fait dans un laps de temps assez court. Les diagrammes d'activation recueillis lors des « tours du cœur » montrent qu'il y a relativement peu de points précoces (zones trabéculaire et paraseptales) et très tardifs (bords), la majorité des autres points représentant des temps d'activation moyens (Fig. 9 et 10).

La région du « cône pulmonaire » d'après nos enregistrements, s'active en général en même temps que les autres parties des parois libres du ventricule droit. Toutefois, nous avons déjà signalé que dans quelques cas on pouvait enregistrer sur la région infundibulaire des électrogrammes de type R comportant une déflexion intrinsèque relativement tardive, et ceci en dehors de toute surcharge ventriculaire droite. Nous reviendrons plus loin sur les interprétations que l'on peut donner de ces faits. Barbato a également constaté (1958) que chez les sujets normaux, l'activation du cône pulmonaire et de certaines régions hautes juxta-auriculaires du ventricule droit pouvait être plus ou moins précoce selon les cas.

Les électrogrammes recueillis au niveau de la pointe, sur chaque ventricule ne présentent pas, du point de vue morphologique et chronologique, de différence sensible avec ceux enregistrés sur les faces.

Ce schéma d'activation concorde assez bien avec celui que proposait Lewis chez le chien. Il est plus difficile de le comparer avec les résultats obtenus par d'autres auteurs chez l'homme ; en effet, si l'on excepte le travail de Barker et Mac Leod, il est rarement fait état d'une cartographie complète et précise de l'épicarde et la face postérieure des ventricules n'est jamais explorée. Quelques points communs peuvent être cependant relevés.

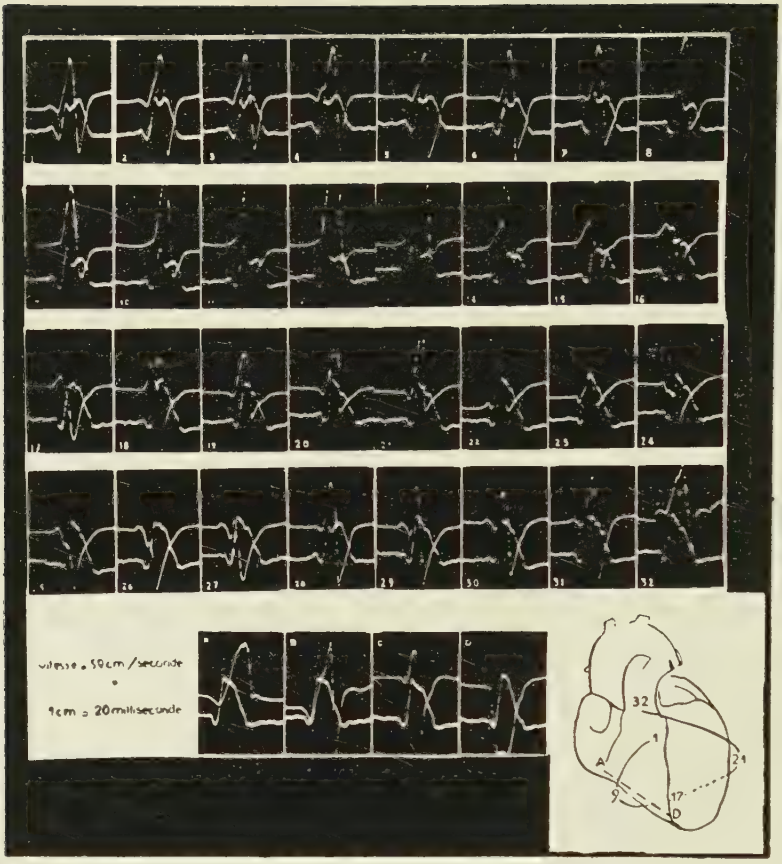


FIGURE 11

ENREGISTREMENT « AUTOUR DU CŒUR »

chez un sujet présentant une surcharge ventriculaire droite importante (Sténose congénitale valvulaire de l'artère pulmonaire).

FIGURE 12

DIAGRAMME des TEMPS D'ACTIVATION ÉTABLI CHEZ LE MEME SUJET

On remarquera la précocité de la région septale antérieure et le retard d'un bord droit dont les temps d'activation dépassent nettement ceux du bord gauche.

a) L'accord semble fait sur la rapidité de l'activation épicardique ; les différences chronologiques n'apparaissent nettement que sur les enregistrements à grande vitesse.

b) La majorité des auteurs admet l'activation précoce de la zone trabéculaire du ventricule droit. Seul Barker estime que le point le premier activé se situe sur la partie haute juxta-auriculaire du ventricule droit ; mais on sait que ses conclusions ne peuvent être acceptées qu'avec certaines réserves parce qu'elles ne portent que sur un seul sujet, dont la surface est par ailleurs pathologique. Nous avons montré plus haut que l'électrogramme épicardique recueilli sur le cône pulmonaire peut, même chez les sujets à électrocardiogramme normal, revêtir soit le type rS, soit le type R. Dans la première éventualité, l'activation du cône pulmonaire est relativement précoce, mais elle survient toujours après celle de la zone trabéculaire.

Barbato admet que les premières zones activées sont les régions septale, paraseptale droite et parfois paraseptale gauche ; les plus tardives se situent sur les parties hautes du bord gauche. Ces résultats paraissent concorder avec nos constatations ; l'enregistrement à grande vitesse nous a permis d'apprécier, dans les régions précocément activées, des différences chronologiques de quelques millisecondes, qui n'apparaissent pas sur des enregistrements par inscription directe utilisés par Barbato.

3° Les modalités de l'activation épicardique dans les cas pathologiques.

Nous avons, de propos délibéré, décrit l'activation ventriculaire dre façon générale, telle qu'elle ressort de nos 96 explorations, sans classer les sujets étudiés suivant le type de leur électrocardiogramme. Ce procédé nous a paru légitime en raison des modifications minimes des électrogrammes épicardiques propres à chaque zone explorée, indépendamment du degré d'hypertrophie ventriculaire et de l'aspect de l'électrocardiogramme précordial.

a) La survenue d'une surcharge ventriculaire droite n'altère pas sensiblement la morphologie des électrogrammes épicardiques. La seule modification notable à ce point de vue est l'apparition, dans deux cas, d'une image qRS ou qRs ou qR au voisinage du bord droit débordant légèrement sur la face postérieure du même ventricule. Ces cas correspondaient l'un à une surcharge ventriculaire droite par sténose mitrale (pression systolique dans le tronc de l'artère pulmonaire, au repos : 100 mmHg) ; l'autre, à une sténose valvulaire pulmonaire (pression systolique ventriculaire droite : 120 mmHg, artère pulmonaire : 15 mmHg) (Fig. 11 et 12).

Les modifications les plus nettes portent sur les temps d'apparition de la déflexion intrinsèque. Les points les plus précocément activés se situent toujours à la face antérieure du ventricule droit, mais à proximité immédiate de la région septale antérieure. Le bord droit est activé plus tardivement, mais son retard n'excède

celui du bord gauche que dans un cas de forte surcharge ventriculaire droite (sténose valvulaire pulmonaire). La régularité de l'activation sur le trajet systématiquement exploré ne nous a pas paru modifiée. Dans des cas analogues, Barbato constate que la zone trabéculaire est encore la première activée, mais elle est retardée par rapport aux sujets normaux, réduisant l'écart chronologique, entre les premiers points ventriculaires droits et les premiers points ventriculaires gauches ; dans les hypertrophies ventriculaires droites extrêmes, il enregistre, entre des points ventriculaires droits, des variations chronologiques très importantes et hors de proportion avec celles constatées lors des hypertrophies modérées. Au niveau du cône pulmonaire, nous ne trouvons pas d'aspect univoque ; comme chez les sujets normaux, l'aspect électrique est variable. Certes, on note plus fréquemment que chez les sujets à électrocardiogramme normal, un accident R important, parfois même qR avec une déflexion intrinsèque très tardive : ce fut le cas de la sténose valvulaire pulmonaire mentionnée plus haut. Mais cet aspect n'est pas constant. Il est vrai que l'on n'enregistre des grandes flèches R à ce niveau que sur une zone relativement étroite, comme l'a montré Wasserburger. On pourrait penser que cette variabilité de la morphologie sur le cône pulmonaire dans les surcharges ventriculaires droites est à mettre sur le compte d'une exploration insuffisante ; mais nous avons trouvé dans la littérature un certain nombre de faits identiques. Mac Gregor (1950) étudiant 10 cas de tétralogies de Fallot, constate dans tous les cas une morphologie rS sur le ventricule droit et sur le « cône pulmonaire ». Barbato a trouvé dans deux cas de tétralogies de Fallot une activation très précoce du cône pulmonaire ; dans certaines sténoses mitrales et certains cœurs pulmonaires chroniques, il a enregistré à ce niveau des complexes de type RS, Rs, rR'S, rsR'S', avec déflexion intrinsèque plus tardive. Brusca et Solerio (1959) ont également enregistré sur la partie haute du ventricule droit activée tardivement, des complexes de type rR' dans des cas de forte surcharge droite.

Il semble donc qu'une surcharge ventriculaire droite ne modifie pas de façon importante l'activation épicardique, tout au moins sur le ventricule gauche et la partie basse et moyenne du ventricule droit. Au niveau de l'infundibulum de l'artère pulmonaire, l'activation épicardique nous a paru en général tardive. Les causes de ces variations ne sont pas évidentes. Certains auteurs ont noté des activations précoces.

b) Les troubles de la conduction intraventriculaire droite.

Dans quatre cas de bloc incomplet de la branche droite du faisceau de His pour lesquels nous disposons d'une exploration complète, nous avons noté un retard d'activation au niveau du bord droit, dont les temps sont du même ordre que les temps les plus tardifs du ventricule gauche. La morphologie des complexes ventriculaires et le schéma général de l'activation restent inchangés. Au niveau du « cône pulmonaire », nous avons noté parfois un aspect très polyphasique en M avec deux accidents positifs

distincts et une déflexion intrinsèque tardive. Nous avons, dans un cas, retrouvé une image à peu près analogue en dérivations endocavitaires au passage de l'orifice sigmoïdien pulmonaire.

Dans un cas de bloc complet de la branche droite, type rare, la région la plus tardivement activée se situe sur la face postérieure du ventricule droit, près du bord droit, où l'on note un aspect rR'. La morphologie générale des électrogrammes est peu altérée par rapport aux cas normaux. Au niveau du bord droit, la branche ascendante de R est crochetée par plusieurs accidents lents.

Grœdel avait déjà constaté qu'un bloc complet de la branche droite n'altérait pas la morphollogie des complexes épicardiques. L'opinion de Magri et Brusca est quelque peu différente ; sur quatre blocs de la branche droite (3 BBDC et 1 BBDI), l'électrogramme épicardique est normal dans deux cas. Deux fois il serait altéré, présentant un aspect polyphasique avec une flèche R importante et une déflexion tardive. Il ne nous semble pas que cet aspect soit, à proprement parler, anormal ; il n'est que l'exagération du type morphologique quelquefois rencontré sur l'infundibulum de l'artère pulmonaire et sur la partie haute juxta-auriculaire du ventricule droit.

c) Les surcharges ventriculaires gauches.

Les explorations dont nous disposons concernent des cas de coarctation aortique. Il s'agit toujours de dérivations péricardiques, enregistrées essentiellement à la surface du ventricule gauche.

Les caractères principaux des électrogrammes recueillis sont les suivants :

— fréquence plus élevée que dans les cas normaux de l'onde Q ;

— complexes de type qR plus fréquents que qRs ;

— temps d'activation légèrement plus tardifs que chez les sujets normaux.

Bien qu'une vingtaine de points ventriculaires gauches aient été étudiés, une étude complète des temps n'est pas possible dans ces cas, le ventricule droit et la face postérieure du cœur n'ayant pas été explorés. Il apparaît cependant que la surcharge ventriculaire gauche modifie peu l'aspect des complexes épicardiques et l'activation ventriculaire. Ceci est en accord avec l'opinion de Barbato qui constate que la seule altération notable est un léger retard d'activation des régions latérale et postérieure du ventricule gauche.

*
* *

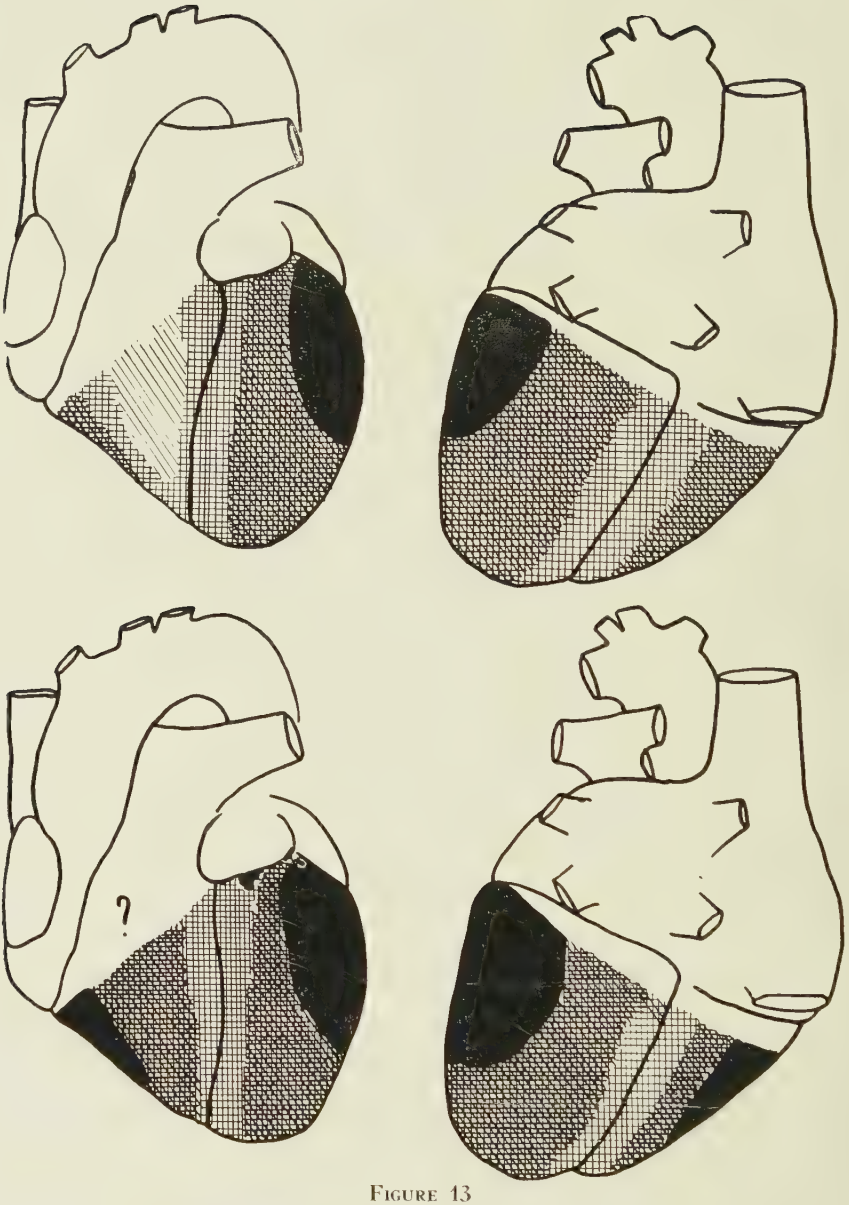


FIGURE 13

SCHEMA GENERAL DE L'ACTIVATION
A LA SURFACE DE L'EPICARDE VENTRICULAIRE

1. - Sujets présentant un électrocardiogramme standard normal.

2. - Sujets présentant des signes électrocardiographiques de surcharge ventriculaire droite.

Les parties claires correspondent aux régions précocement activées.

Les parties sombres correspondent aux régions activées tardivement.

L'activation du « cône pulmonaire » qui ne se prête pas à une schématisation simple n'est pas indiquée sur cette figure.

L'activation ventriculaire se traduit donc à la surface de l'épicarde, par des manifestations électriques relativement constantes. Si l'on excepte la partie haute du ventricule droit correspondant à la margelle auriculo-ventriculaire et au cône pulmonaire (qui présente à l'état normal, comme en cas de surcharge ou de bloc), des variations importantes), la morphologie des électrogrammes et les temps d'apparition de la déflexion intrinsèque sont, en général, peu altérées par les processus pathologiques (Fig. 13).

Une réserve cependant s'impose. Parmi nos 96 sujets, 95 étaient confiés aux chirurgiens pour une affection cardio-vasculaire et présentaient à quelque degré une altération cardiaque. Certains d'entre eux présentaient un ventriculogramme normal en dérivations standard. Parmi les 30 sujets pour lesquels l'exploration épicardique était la plus complète et comportait un « tour du cœur », 16 répondaient à cette condition. Il n'est toutefois pas permis d'inférer que l'électrogénèse, dans ces cas, n'est pas perturbée. A titre de contrôle, nous poursuivons actuellement l'exploration de sujets indemnes de toute atteinte cardio-vasculaire, confiés aux chirurgiens pour une affection pulmonaire ou médiastinale. Mais parmi ces patients, rares sont ceux pour lesquels la péricardotomie est une nécessité opératoire : cancers bronchiques parahilaires, tumeurs du médiastin. Nous pensons qu'il peut être dangereux d'ouvrir le péricarde pour la seule exploration électrique, lors de la chirurgie du poumon tuberculeux.

Le degré minime d'altération électrique observée sur l'épicarde en cas de surcharge ventriculaire d'une part, les contrôles effectués d'autre part sur des sujets indemnes de cardiopathie, par divers auteurs, nous conduisent à penser qu'il est légitime de considérer comme très voisins de la normale les sujets dont les ventriculogrammes sont normaux en dérivations standard.

SUMMARY

96 epicardial explorations have been performed. (86 of them with the oscillograph-camera apparatus). Up to 250 points can be explored in the same patient. In 30 cases it has been possible to record from a series of points along a line travelling completely around the heart.

A good intrinsic deflection is registered whenever the exploring electrode is in contact with the epicardial surface of the ventricles.

The morphologic aspect of the epicardial electrogram is analysed in detail, in the various regions, including the posterior ones. Some morphologic features appear on high velocity records, and are of great interest.

There is nos characteristic pattern of right and left electrogram. The tracings recorded over the anterior and posterior projection of the interventricular septum are not merely "transition complexes" and have their particular morphology.

From these records, an epicardial electric map can be drawn up, showing the activation of the whole epicardial surface. The first electronegativity appears on the trabecular zone ; then the right and left, anterior and posterior paraseptal zones are activated, followed by the free ventricular walls and the right border. The last region to be activated is the left border, especially in its upper portion. The upper part of the right ventricle (Pulmonary conus) shows some variations. It can be activated in a relatively early manner, or can be delayed.

Right ventricular strain dœs not alter significantly the morphology of the epicardial leads. The pulmonary conus appears in this case to be more frequently delayed. The activation of the right ventricle (especially of the right border) takes place later, and sometimes after the activation of the left border. A qR aspect can be registered near the right border in case of an important right ventricular strain. The trabecular zone is somewhat delayed and the first electronegativity appears on the anteroseptal zone.

Incomplete or complete right bundle branch block causes a delayed activation of the right border without modifying the aspect of epicardial electrograms.

CHAPITRE IV

ETUDE CORRELATIVE DES DERIVATIONS EPICARDIQUES ENDOCAVITAIRES ET PRECORDIALES

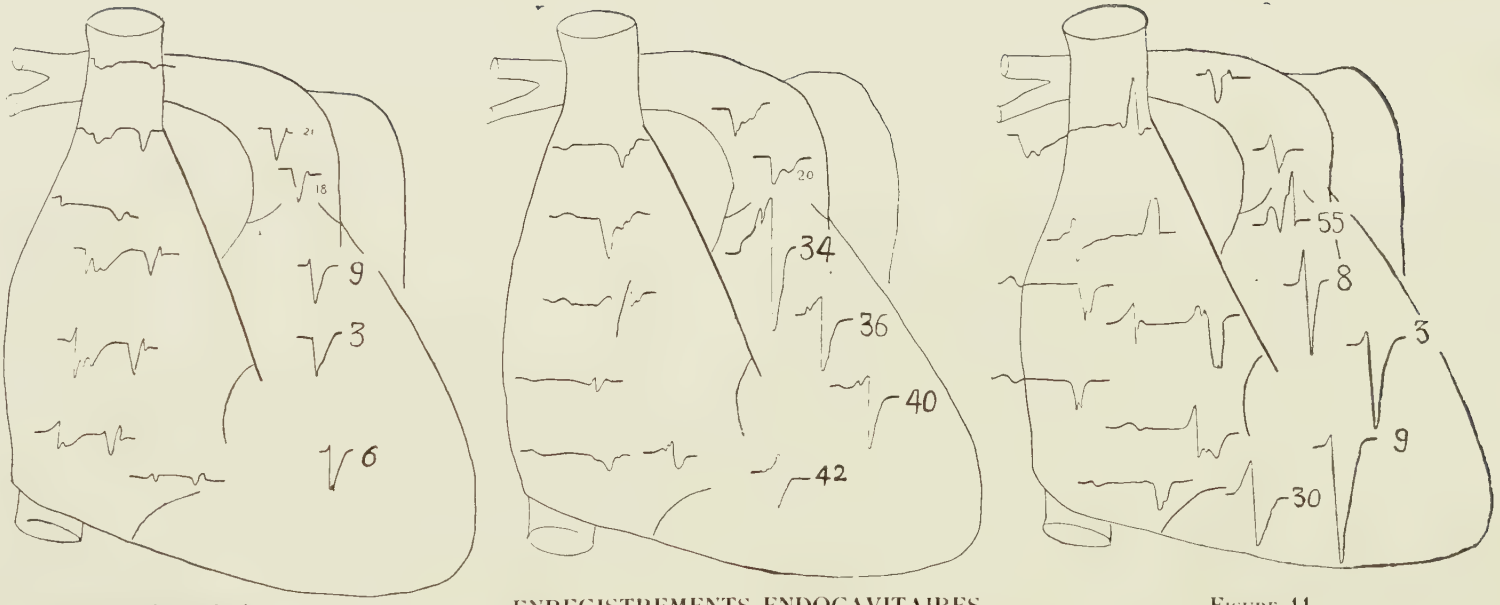
I. - CORRELATIONS ENTRE LES DERIVATIONS EPICARDIQUES ENDOCAVITAIRES ET PRECORDIALES

A) Généralités

Les premiers enregistrements chez l'homme des variations de potentiel endocavitaires ont été réalisés par Lenègre et Maurice en 1945. Depuis cette date, cette technique a connu un développement rapide ; grâce aux travaux de Sodi Pallares, de Latour et Puech, les divers aspects des électrogrammes endocavitaires sont aujourd'hui bien connus et leur signification a été précisée.

Il n'est pas dans notre intention d'en reprendre l'étude en détail. Nous nous proposons simplement de comparer les morphologies des électrogrammes recueillis sur l'épicarde et dans les cavités cardiaques, et d'examiner les conclusions que l'on peut tirer de cette confrontation, en ce qui concerne l'activation ventriculaire. Il nous a semblé intéressant de rechercher dans quelle mesure les détails morphologiques mis en évidence sur l'épicarde au moyen d'un appareillage très sensible, avaient leur traduction en dérivations endocavitaires.

Dans ce but, nous avons réalisé, chez 22 de nos sujets, une exploration endocavitaire, à l'aide de l'ensemble oscillographe camera décrit plus haut. Dans chaque cas, de nombreuses dérivations ont été enregistrées soit point par point, soit en retirant progressivement la sonde, de l'artère pulmonaire dans le ventricule droit, de la pointe du ventricule vers l'oreillette droite, et de la veine cave inférieure à la veine cave supérieure. L'examen des



De gauche à droite : ENREGISTREMENTS ENDOCAVITAIRES FIGURE 14

1. - *Sujet présentant un électrocardiogramme standard normal.*
Les ventriculogrammes enregistrés dans le ventricule droit ont une morphologie uniforme rS.
Les temps d'apparition de la déflexion intrinsécoïde sont voisins les uns des autres.

2. - *Sujet présentant un bloc incomplet de la branche droite.*
La morphologie des électrogrammes recueillis dans le ventricule droit est plus variable. rS, RS, rR'S. Les temps d'apparition de la déflexion intrinsécoïde sont plus tardifs.
Au niveau de l'infundibulum pulmonaire, s'inscrit l'aspect de double positivité caractéristique pour LATOUR et PUECH des troubles de la conduction intraventriculaire droite.

3. - *Sujet présentant une forte surcharge ventriculaire droite.*
La morphologie des ventriculogrammes recueillis dans le ventricule droit varie d'une région à l'autre (rS, RS).
Dans l'infundibulum pulmonaire, on enregistre une double positivité avec déflexion intrinsécoïde très tardive. Cet aspect pourrait traduire l'activation tardive de la crête supra-ventriculaire hypertrophiée.
Les temps d'apparition de la déflexion intrinsécoïde sont exprimés en millisecondes par rapport au début de Q R S dans la dérivation D II enregistrée de façon synchrone.

documents se fait selon la technique décrite plus haut pour les tracés épicardiques. L'étude chronologique se fait par rapport à la dérivation DII enregistrée de façon synchrone.

Pour 10 de ces patients, nous disposons d'un jeu complet de dérivations épicardiques.

B) La comparaison épicardiques - Endocavitaires (Fig. 14)

a) Chez les sujets dont le ventriculogramme ne montre, en dérivations standard, ni signe de surcharge ventriculaire, ni trouble de conduction, les complexes ventriculaires recueillis à l'intérieur du ventricule droit revêtent un type uniforme rS. Un aspect rSr' a été noté par Latour et Puech, qui le considèrent comme une variante physiologique. Les auteurs montpelliérains signalent en outre que l'onde r initiale, dont l'amplitude est en général très faible, peut être plus ou moins dédoublée. Il n'y a pas, entre les complexes recueillis dans la partie haute de la chambre de chasse et ceux enregistrés dans la chambre d'entrée, de variations d'amplitude significatives. Les temps d'apparition de la déflexion intrinsécoïde en divers points ne diffèrent pas sensiblement entre eux. Ils sont plus précoces que ceux observés au niveau de l'artère pulmonaire et précèdent largement les temps d'apparition les plus précoces de la déflexion intrinsèque sur l'épicarde (de 15 à 20 millisecondes). Lorsque la pointe du cathéter est retirée vers l'oreillette droite, le voltage des ventriculogrammes endocavitaires diminue de façon très nette au passage de l'orifice tricuspidien. Dans la cavité auriculaire droite, la morphologie est difficilement systématisable et il ne semble pas exister de correspondance précise entre la topographie de l'électrode exploratrice et la morphologie du ventriculogramme. Au niveau du tronc de l'artère pulmonaire, nous avons rencontré la morphologie rS ou rSr' et jamais l'aspect qrS.

Il ne semble donc pas exister, du moins dans les cas envisagés, de relation morphologique étroite entre les ventriculogrammes endocavitaires et épicardiques. L'aspect rS enregistré à l'intérieur du ventricule droit rappelle certes, celui constaté sur la zone trabéculaire et les régions voisines ; il s'en distingue toutefois par deux caractères : la précocité de la déflexion intrinsécoïde et l'absence, avant le sommet de r, du segment vibré initial retrouvé de façon quasi constante sur l'épicarde. Une correspondance topographique précise ne saurait être établie, l'aspect rS étant enregistré dans toute la cavité ventriculaire droite. Un seul fait digne d'intérêt ressort de cette confrontation des deux séries de tracés : c'est la remarquable précocité de dépolarisation à l'intérieur du ventricule droit, par rapport à l'activation épicardique.

b) En cas de surcharge ventriculaire droite, les ventriculogrammes endocavitaires ne présentent pas la même régularité. Le voltage des électrogrammes recueillis dans le ventricule droit est moins constant que chez les sujets normaux. Les temps d'appa-

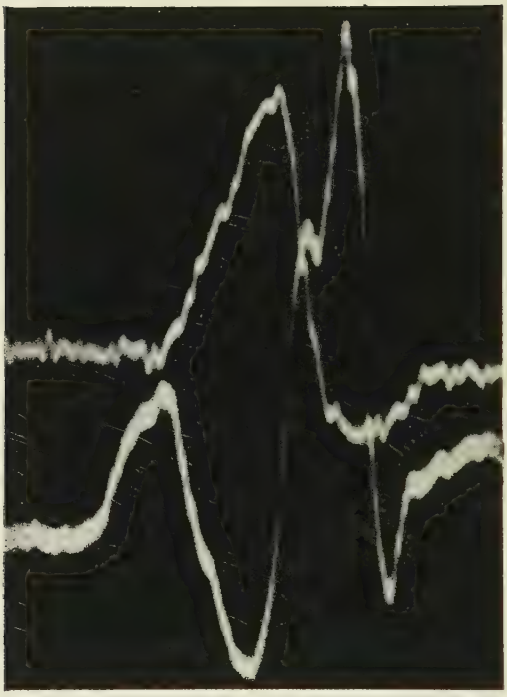


FIGURE 15

ELECTROGRAMME ENDOCAVITAIRE

enregistré sous les sigmoïdes pulmonaires dans un cas de forte surcharge ventriculaire droite. Le tracé supérieur inscrit la dérivation endocavitaire, l'inférieur la dérivation D II. On notera l'aspect de double positivité. L'électrogramme comporte un premier accident lent ; l'accident terminal plus volté et plus rapide se termine par une déflexion intrinsécoïde très tardive.

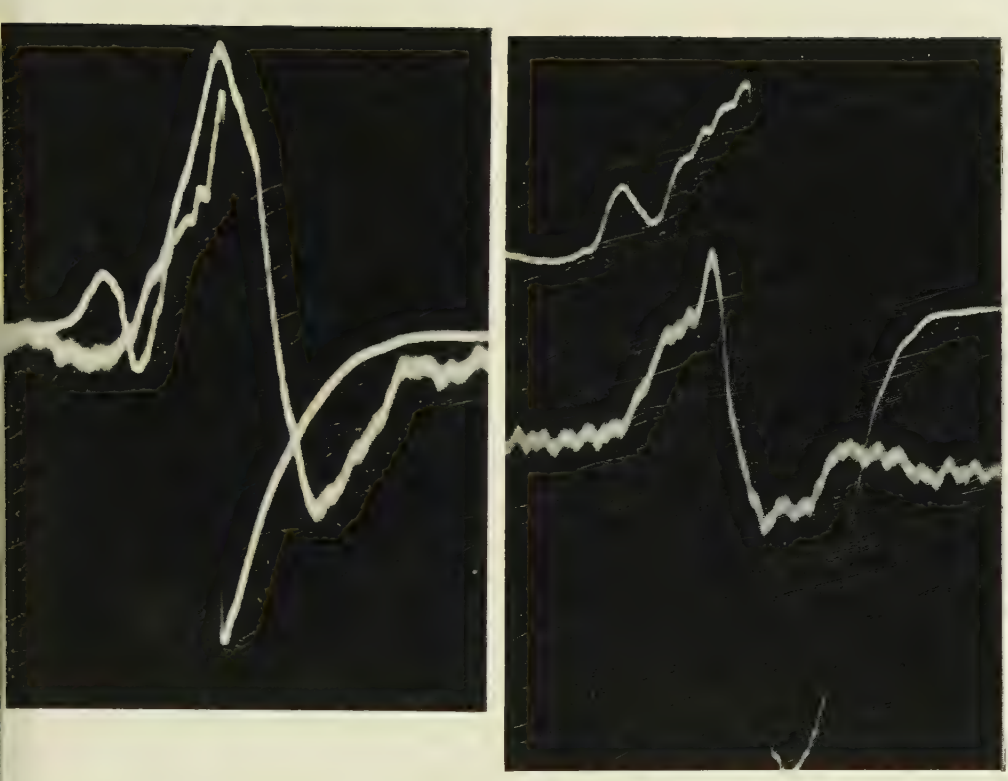


FIGURE 16

COMPARAISON des ELECTROGRAMMES EPICARDIQUES et ENDOCAVITAIRES

1. - Ventriculogramme recueilli dans la partie moyenne du ventricule droit.

2. - Ventriculogramme recueilli chez le même sujet au niveau de la région paraseptale antérieure droite.

On remarquera qu'il existe entre les deux images une certaine similitude : dans la partie initiale, on note un accident assez franchement isolé. Toutefois, la chronologie de cet accident n'est pas tout à fait la même sur les deux tracés.

rition de la déflexion intrinsécoïde sont, en moyenne, plus tardifs. La morphologie varie entre des limites assez larges : l'onde R est en général plus marquée, les complexes étant du type rS ou même RS. Sur la branche ascendante de R s'individualisent parfois quelques ondulations lentes, quelques crochetages qui rappellent l'aspect vibré initial décrit en dérivations épicardiques.

Au niveau de la région sous-sigmoïdienne, on enregistre des complexes polyphasiques dont la morphologie mérite d'être détaillée.

Une première onde lente positive s'isole, suivie d'un second accident positif plus volté et plus rapide, comportant une déflexion intrinsécoïde tardive. Le premier accident, par sa forme et sa chronologie, rappelle d'assez près l'accident initial isolé en dérivations épicardiques paraseptales droites. L'allure en M de ces complexes serait assez caractéristique des hypertrophies ventriculaires droites. Il traduirait pour certains auteurs l'hypertrophie élective de la crête supraventriculaire (Fig. 15).

Cet aspect en M avec double positivité se rapproche, au double point de vue de la morphologie et de la chronologie, des complexes de type rR' recueillis parfois sur la partie haute du cône pulmonaire, dans les cas de surcharge ventriculaire droite. Mais nous avons déjà souligné que si cet aspect rR' était plus fréquent sur l'épicarde dans les surcharges ventriculaires droites, il n'était pas absolument constant, et qu'on pouvait par ailleurs le retrouver chez certains sujets dont l'électrocardiogramme standard était normal. Peut-être s'agit-il, dans ces cas, d'un stade initial de surcharge ventriculaire droite, avec hypertrophie élective de la crête supraventriculaire, sans traduction électrique évidente en dérivations périphériques. Les documents en notre possession sont trop peu nombreux pour que nous puissions proposer cette explication autrement que sous forme d'hypothèse.

c) En cas de trouble de conduction intraventriculaire droite, le ventriculogramme endocavitaire est polyphasique, de type rsR'S' avec inscription d'une double positivité, l'aspect le plus typique étant réalisé dans les blocs complets de la branche droite.

Dans les formes mineures de bloc droit, la double positivité se réduit à un crochetage de la branche ascendante de r, mais que l'on retrouve dans tous les points de la cavité ventriculaire droite. Dans le cas illustré ci-contre (Fig. 16), on remarquera l'aspect extrêmement irrégulier de la phase initiale du ventriculogramme. Sur le complexe enregistré dans la partie moyenne du ventricule droit, on note un accident initial isolé. L'électrogramme épicardique recueilli chez le même sujet au niveau de la région paraseptale antérieure, revêt un aspect sensiblement analogue. On remarquera toutefois que la chronologie de cet accident n'est pas strictement identique sur les deux tracés ; la déflexion intrinsèque épicardique ne coïncide pas non plus avec la déflexion intrinsécoïde endocavitaire. Il semble donc s'agir d'une simple coïncidence morphologique.

Sous les sigmoïdes pulmonaires la double positivité apparaît nettement et la déflexion intrinsécoïde est tardive ; la dépolarisation endocavitaire est nettement plus tardive que chez les sujets normaux, les temps observés dépassent encore ceux notés dans les cas de surcharge ventriculaire droite.

C) Valeur et limites de cette confrontation

D'après nos documents et ceux de la littérature, il paraît difficile de définir avec précisions les rapports qui existent entre les électrogrammes épicardiques et endocavitaires. La constatation accidentelle de morphologies comparables dans les deux séries de documents, n'implique pas une correspondance point par point entre l'épicarde et l'endocarde. Les différences notées entre les temps d'activation sur l'épicarde et la chronologie de la déflexion intrinsécoïde endocavitaire n'autorisent pas de conclusions précises en ce qui concerne l'ordre d'activation des diverses régions du myocarde ventriculaire ; elles indiquent seulement la précession de l'endocarde sur l'épicarde.

Par une technique appropriée, il est possible de réaliser sur l'épicarde un repérage topographique précis. Les conditions sont quelque peu différentes en dérivations endocavitaires ; la position de l'électrode, son orientation par rapport aux piliers, au septum, ne sont jamais connues avec une absolue certitude, et l'on ignore si le contact est assuré avec la paroi endocardique. Les tracés ne montrent d'ailleurs qu'exceptionnellement une déflexion intrinsèque vraie, inférieure ou égale à 4 millisecondes. On peut admettre que les déflexions intrinsécoïdes obtenues en dérivations encodavitaires traduisent de façon valable la dépolarisation globale de l'endocarde. Mais ces explorations ne permettent pas d'obtenir, au niveau du ventricule droit, une cartographie détaillée de la dépolarisation. Cette cartographie présente d'ailleurs moins d'intérêt sur l'endocarde, étant donné la quasi-simultanéité de la dépolarisation à ce niveau.

Deux faits cependant méritent d'être soulignés. Les enregistrements endocavitaires, d'après Latour et Puech, détectent et mettent en lumière des micropotentiels qui ne peuvent être autrement repérés en raison même de leur faible voltage. Nous avons décrit sur l'épicarde la phase initiale du ventriculogramme, sous le nom d'aspect vibré initial. Des accidents analogues mais non toujours superposables, sont enregistrés dans la cavité ventriculaire en cas de surcharge ou de bloc droits. Il est possible qu'une étude endocavitaire plus serrée nous éclaire sur la signification de ces potentiels précoces. Par ailleurs, l'aspect de double positivité enregistré dans la partie haute de l'infundibulum pulmonaire en cas de surcharge ventriculaire droite, est peut-être dû à une activation retardée de la crête supra-ventriculaire hypertrophiée ; l'électrode endocavitaire enregistrerait dans ces cas des potentiels de faible voltage qui n'ont pas toujours leur traduction en dérivations périphériques.

En résumé, la confrontation des deux jeux de dérivations épicardiques et endocavitaires ne permet pas d'établir une relation étroite entre les diverses morphologies observées à la surface et à l'intérieur du ventricule droit. La dépolarisation de la cavité ventriculaire, qui apparaît précoce et régulière dans les cas normaux semble légèrement retardée en cas de surcharge droite ou de bloc droit. Dans la partie haute de l'infundibulum pulmonaire, on peut trouver, entre les dérivations endocavitaires et épicardiaques une certaine ressemblance en cas de surcharge droite ou de bloc droit.

II. - CORRELATIONS ENTRE LES DERIVATIONS EPICARDIQUES ET LES DERIVATIONS PRECORDIALES

A) Les données de la littérature

L'étude des potentiels cardiaques à la surface du thorax remonte aux premières années de l'électrocardiographie ; c'est Waller qui, en 1887, eut l'idée d'utiliser la dérivation apexienne. Au début du siècle, Kraus et Nicolaï affirmaient déjà la valeur de ce mode de dérivation et pensaient que les déflexions recueillies à la surface du corps étaient très comparables à celles que l'on pourrait obtenir en explorant les zones du cœur immédiatement sous-jacentes aux électrodes. Les dérivations précordiales sont utilisées en clinique humaine en 1932 par Wolferth et Wood pour le diagnostic de la maladie coronarienne.

Mais ce sont surtout les travaux de Wilson et de son école qui, en 1944, fixent les bases de cette nouvelle méthode d'investigation, et donnent à la théorie ds potentiels locaux un essort considérable. Dans un mémoire désormais classique, ces auteurs ont présenté leur théorie sous une forme particulièrement cohérente et suggestive. Après avoir rapelé la nation de déflexion intrinsèque établie par les travaux de Lewis et précisé sa signification, ils démontrent les relations qui unissent les tracés enregistrés à la surface du cœur et les tracés précordiaux :

« Les variations de potentiel de chaque élément de la surface épicardique contribuent, dans une certaine mesure, aux variations de potentiel d'une électrode placée sur la région précordiale. Mais l'importance de la contribution faite par les variations de potentiel de n'importe quel élément de cette surface est grande, si sa distance par rapport à l'électrode est petite, et vice versa ; en fait, elle varie approximativement en raison inverse du cube de la distance. Pour cette raison, les variations de potentiel de l'électrode précordiale sont déterminées dans une très large mesure par les variations de potentiel des éléments de la surface ventriculaire la plus proche. Si la totalité ou la majorité de ces éléments sont le siège de variations de potentiel du même type, les variations de potentiel de l'électrode seront identiques, quoique moins importantes. Si, au contraire, les divers éléments plus ou moins équidistants de l'électrode présentent des variations de potentiel de plusieurs types, les variations de potentiel de l'électrode représenteront un mélange qui peut ne pas ressembler étroitement aux divers types entrant dans sa composition. »

De ces considérations, Wilson et coll. ont déduit un système d'interprétation des électrocardiogrammes basé sur les notions de potentiels sélectifs locaux et d'ondes intrinsécoïdes.

L'exploration électrique précordiale constituerait, à peu de choses près, l'équivalent de l'exploration des surfaces épicardiques ventriculaires ; elle pourrait être considérée avec une bonne approximation, comme une exploration semi-directe de ces surfaces. Par analogie avec la déflexion intrinsèque obtenue par Lewis en dérivations épicardiques, on peut identifier en dérivations précordiales une déflexion intrinsécoïde ; son moment d'apparition permettrait de déterminer le passage du stimulus dans la partie du myocarde ventriculaire sous-jacente à l'électrode exploratrice.

Wilson et ses collaborateurs ont ainsi établi le schéma des « positions électriques » du cœur et apporté de nouveaux critères d'appréciation dans l'étude des hypertrophies ventriculaires, des blocs de branche et des lésions coronariennes. On connaît la fortune dont a joui cette conception et les progrès qu'elle a permis de réaliser en quelques années dans le domaine de l'électrocardiographie clinique. Toutefois, Wilson et coll. ont fait des réserves motivées sur la validité de leur théorie : « Bien que la position anatomique du cœur et sa position électrique soient en relation très étroite, il y a des raisons de penser que la corrélation entre les deux ne peut être parfaite »... Dans cette discussion nous n'avons pas, évidemment, considéré de nombreux détails embarrassants (perplexing) concernant le complexe QRS en dérivations unipolaires directes et en toute autre dérivation. Certains ne pourront être interprétés de façon satisfaisante tant que l'on n'aura pas rassemblé de nombreux documents ».

L'hypothèse de Wilson appelait donc un certain nombre de contrôles, cliniques et expérimentaux, que Wilson lui-même engageait à poursuivre.

Il ne semble pas que les élèves ou les émules de Wilson aient toujours observé la même prudence. C'est ainsi que Goldberger a publié en 1947 une monographie dans laquelle les hypothèses de base exposées plus haut sont présentées sous une forme beaucoup plus affirmative : les variations du complexe QRS sur le précordium sont imputables à deux facteurs essentiels : la direction dans laquelle le stimulus se déplace à travers les ventricules et l'emplacement de l'électrode exploratrice.

Au congrès cardiologique de Royat (1946), la plupart des rapports semblent reconnaître de façon implicite, la valeur des dérivations précordiales comme moyen d'exploration semi-directe de la surface du cœur.

Les travaaux extrêmement nombreux poursuivis en quelques années sur ces bases électrophysiologiques, ont montré que les faits ne se prêtaient pas toujours à une telle simplification. Néanmoins, la plupart des auteurs n'ont pas voulu mettre en cause

les hypothèses de base. Mais si l'analogie des dérivations précordiales est généralement admise, c'est bien souvent au prix d'interprétations discutables et parfois même contradictoires.

Nylin et Crafoord, d'après deux cas explorés admettent la concordance respective des électrogrammes ventriculaires (levo et dextrogramme) et des complexes enregistrés à gauche et à droite sur le précordium.

Groedel et Borchardt, qui pensent que chaque ventricule a son électrogramme épicardique spécifique, admettent que certains points du précordium transmettent fidèlement l'image du point épicardique correspondant. Mais les ventriculogrammes à morphologie mixte (intermédiaire entre le dextro et le levogramme) ne sont pas nécessairement le reflet des électrogrammes nés sur l'épicarde en regard de l'électrode exploratrice ; ils résultent du mélange des potentiels droit et gauche au cours de la traversée du thorax. La concordance entre les deux séries d'images n'est donc parfaite qu'en certains points privilégiés. De plus, Groedel et Borchardt ont constaté, dans un cas de bloc de la branche droite, des complexes épicardiques sensiblement normaux.

Mac Gregor note des discordances flagrantes : il ne retrouve pas sur l'épicarde de ses patients porteurs d'une forte surcharge ventriculaire droite, la grande flèche R inscrite en dérivations parasternales droites. Il reste néanmoins fidèle à la conception de Wilson mais son interprétation est discutable:

« L'aspect rS trouvé sur le précordium gauche, dans ce cas, dérive de l'épicarde ventriculaire droit ainsi exposé à cause de la rotation du cœur. L'origine de la grande onde R rencontrée sur le précordium droit est incertaine, mais cette image peut dériver de la surface ventriculaire gauche par suite d'une rotation. »

Lenègre admet une bonne concordance, entre l'épicarde et le précordium. Toutefois, il constate que dans les hypertrophies ventriculaires droites, l'aspect des précordiales gauches est RS ou rS, alors que l'épicarde ventriculaire gauche transmet des complexes du type qR. La transmission à gauche des potentiels ventriculaires droits expliquerait ce fait.

Brusca et Magri, dans une première étude portant sur quatre blocs de la branche gauche (1955) semblent admettre une bonne corrélation:

« Dans les quatre cas, il y a une stricte correspondance entre les précordiales droites et les ventriculaires droites. L'hypothèse de Wilson semble donc être vérifiée chez l'homme. »

Dans leurs travaux ultérieurs, ces auteurs expriment une opinion sensiblement différente. A l'occasion d'une étude plus importante de 65 sujets, ils constatent (1955) :

« La constance de la morphologie des complexes propres à chaque zone explorée, indépendamment du degré d'hypertrophie ventriculaire et de l'électrocardiogramme précordial. »

Plus récemment encore (1959) Brusca, reprenant l'étude des hypertrophies ventriculaires droites et de leur traduction sur le précordium, constate que la présence d'une grande flèche R en V1 ne peut recevoir une explication définitive ,valable dans tous les cas.

Cet exposé rapide montre que les divergences ne sont pas négligeables. Le caractère fragmentaire de certaines observations, le choix particulier des sujets explorés peuvent, dans une certaine mesures, les expliquer. Mais les conditions d'enregistrement des tracés épicardiques et précordiaux, différentes selon les auteurs, sont un obstacle important à une étude comparée objective.

Nous avons tenté de résoudre ces contradictions en réalisant des conditions techniques aussi satisfaisantes que possible.

B) Résultats personnels

Nous avons voulu confronter les « cartes électriques de l'épicarde » et le « cartes électriques thoraciques » recueillies chez les mêmes sujets, à l'aide du même appareillage, et en utilisant pour le repérage chronologique, la même dérivation DII de référence.

1° *La carte électrique de l'épicarde* a été déjà décrite au chapitre précédent. Nous voudrions insister cependant sur l'évolution régulière de la morphologie des électrogrammes, d'une zone de l'épicarde à l'autre et sur la variation, régulière aussi, des temps d'apparition de la déflexion intrinsèque. Il n'est pas inutile de rappeler également que d'après nos documents, il n'existe pas d'aspect électrique caractéristique du ventricule droit et du ventricule gauche.

2° *La carte électrique précordiale :* Chez 39 de nos sujets pour lesquels nous possédons un jeu de tracés épicardiques, nous avons pratiqué, à l'aide de l'ensemble oscillographe camera, une exploration aussi complète que possible du précordium.

Les enregistrements recueillis avant l'intervention chirurgicale comportent 24 dérivations qui couvrent l'hémi-thorax antérieur sur quatre plans, du 2e au 5e espaces, et de la ligne axillaire moyenne droite à la ligne axillaire moyenne gauche. Ces plans, perpendiculaires au grand axe du corps, sont désignés par l'extrémité antérieure de l'espace intercostal au niveau duquel ils sont situés. Dans chaque plan, les électrodes sont disposées sur les mêmes lignes verticales. Leur emplacement est désigné par la référence de la nomenclature américaine correspondant à l'emplacement considéré, soit :

pos 6R (ligne axillaire moyenne droite)

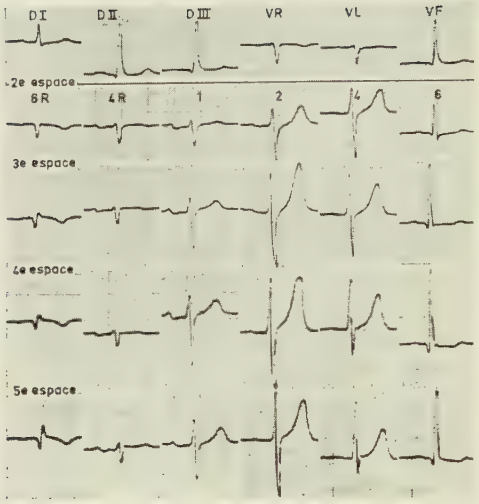


FIGURE 17

Carte électrique de l'hémithorax antérieur chez un sujet présentant un ventriculogramme subnormal.

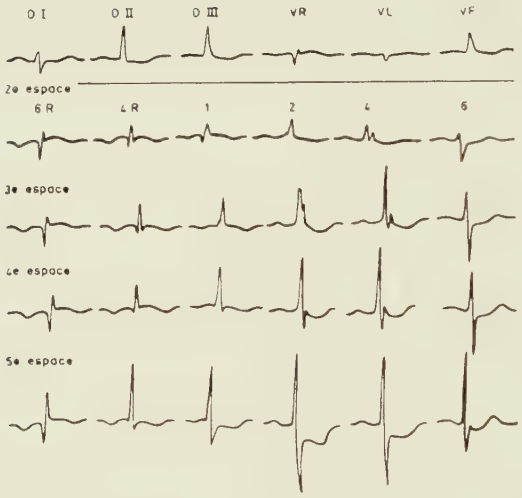


FIGURE 18

Carte électrique de l'hémithorax antérieur chez un sujet présentant une surcharge ventriculaire droite type I (inversion au rapport R/S en V1, V2).

Chez les sujets électriquement subnormaux et chez les sujets préesentant une image de nette surcharge ventriculaire droite, la carte électrique thoracique présente une continuité assez remarquable ; en d'autres termes, sur un même axe horizontal (de l'aisselle droite à l'aisselle gauche) ou vertical (du 2e au 5e espace) ou encore diagonal, il n'y a pas de discontinuité dans la série des images ventriculaires.

4R (ligne médio-claviculaire)
pos 1 (bord sternal droit)
2 (bord sternal gauche)
4 (ligne médio-claviculaire gauche)
6 (ligne axillaire moyenne gauche).

Chez les sujets dont l'électrocardiogramme standard est subnormal, comme chez ceux présentant des signes de nette surcharge ventriculaire droite, on constate sur le précordium une continuité remarquable. En d'autres termes, sur un même axe vertical (du 2e au 5e espace) ou horizontal (de l'aisselle droite à l'aisselle gauche) ou encore diagonal, il n'y a pas de discontinuité dans la série des images ventriculaires. Toutefois, ces images diffèrent selon qu'il y a ou non surcharge. Chez les sujets subnormaux, de haut en bas et de droite à gauche l'image rS se transforme en image qR ; dans les surcharges ventriculaires droites, une image R prédominante ou exclusive en 4R et dans la région parasternale droite, se transforme en image Rs ou RS, puis rS sur l'hémithorax gauche.

La même régularité se retrouve dans l'inscription de la déflexion intrinsécoïde, à la fois chez les sujets normaux et dans les cas de forte surcharge droite. Toutefois, dans ces deux éventualités, la continuité est inscrite en sens inverse. Dans les cas normaux, la déflexion intrinécoïde la plus précoce apparaît dans la région parasternale gauche ; sur l'hémithorax droit les déflexions intrinsécoïdes sont presque contemporaines ; elles sont sensiblement plus tardives sur l'hémithorax gauche. Dans les cas de forte surcharge ventriculaire droite, la déflexion intrinsécoïde apparaît de façon presque simultanée dans les divers emplacements de l'hémithorax ; elle est beaucoup plus tardive sur l'hémithorax droit (Fig. 17 et 18-19).

Cette régularité du champ électrique thoracique se retrouve tout autour du thorax, à l'intérieur même du thorax, comme le démontrent les enregistrements œsophagiens, endobronchiques. Elle permet d'envisager une représentation synthétique du champ électrique cardiaque et justifie généralement une schématisation vectorielle.

C) Correspondances entre l'épicarde et le précordium

1° Détermination de l'emplacement des cavités cardiaques par rapport au précordium.

Depuis la généralisation en clinique des dérivations précordiales et l'adoption des recommandations de l'American Heart Association (1938), on parle couramment de dérivations précordiales droites et gauches : les dérivations V1 et V2 explorent le ventricule droit, les dérivations V5 et 46 le ventricule gauche ; selon les cas, les dérivations V3 ou V4 correspondraient au septum interventriculaire.

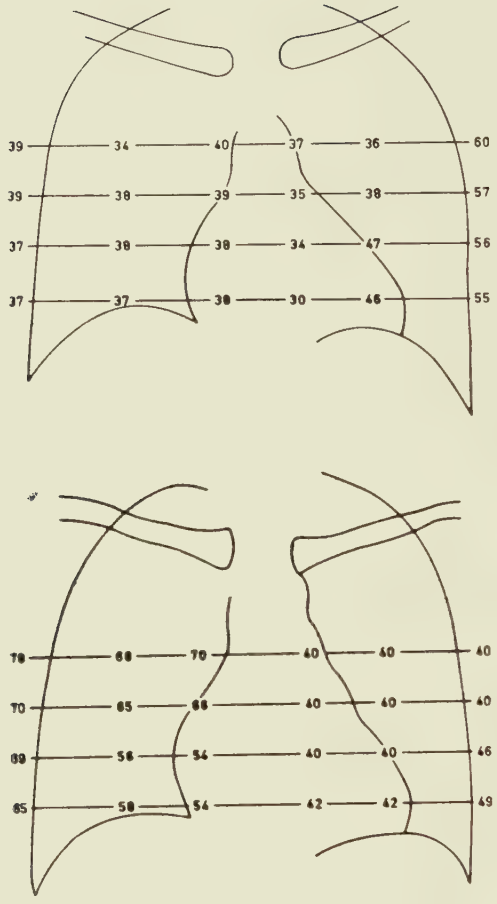


FIGURE 19

MOMENT D'APPARITION de la DEFLEXION INTRINSECOIDE A LA SURFACE DE L'HEMITHORAX ANTERIEUR

Dans un cas de surcharge ventriculaire droite (en bas) et chez un sujet présentant un ventriculogramme normal (en haut), on notera la régularité du moment d'apparition de la déflexion intrinsécoïde : le retard progresse de façon continue d'un point à un autre du précordium.

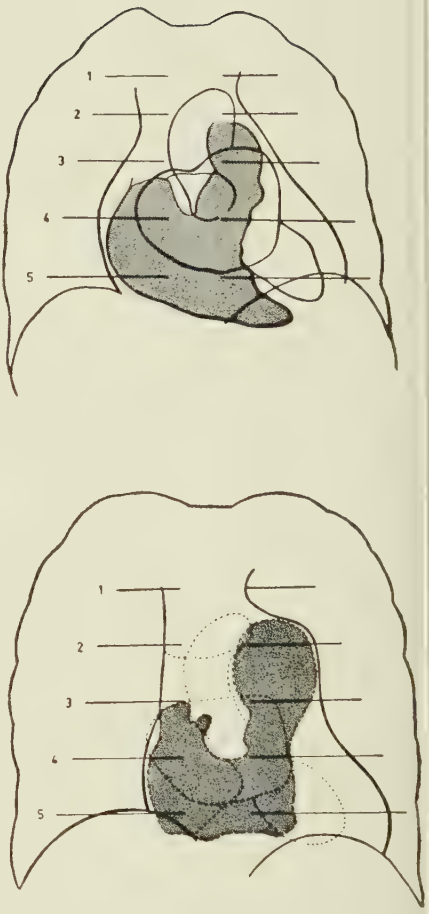


FIGURE 20

Schémas établis d'après les angiocardiographies des mêmes sujets : surcharge ventriculaire droite (en bas), Electrocardiogramme normal (en haut).

Les cavités droites sont ombrées ; les traits correspondent aux espaces intercostaux, et sont numérotés du premier au cinquième.

Les études de Dressler (1940) avaient déjà montré ce que ces déterminations comportaient d'imprécis. Les documents angiocardiographiques permettent actuellement d'établir de façon très stricte sur le vivant les rapports des chambres ventriculaires et des électrodes placées à la surface du thorax. 28 séries de clichés obtenus au Centre Cantini ont fait l'objet d'une étude approfondie dont nous rapportons seulement les conclusions (Fig. 20).

— Le seul emplacement qui corresponde de façon constante à la face antérieure du ventricule droit est la région parasternale gauche (au 4e et au 5e espaces, plus inconstamment au 3e).

— Sur aucun des documents, la région parasternale droite et notamment la position V1, ne correspond au ventricule droit ; l'image angiocardiographique montre toujours en projection frontale l'oreillette droite ; l'incidence transverse permet de situer cette cavité à une certaine distance de la face postérieure du plan sterno-costal. La partie juxta-auriculaire du ventricule droit répond à la face postérieure du sternum. La tranche antérieure du septum interventriculaire se projette de façon assez variable entre le bord sternal gauche et la ligne médio-claviculaire ; son axe est plus ou moins oblique, en bas et à gauche. La chambre ventriculaire gauche, dont le grand axe est dirigé en bas et à gauche, se projette en frontale de la position 2 (4e espace) à la position 4 (5e espace). Mais la position transverse montre bien sa situation postérieure par rapport au ventricule droit ; c'est seulement en position 4 et au delà que l'épicarde ventriculaire gauche fait face de façon constante aux dérivations précordiales.

Les modifications apportées à ces rapports par la présence d'une hypertrophie ventriculaire droite sont relativement peu importantes. Grant, par une technique appropriée (fixation transpariétale du cœur selon trois plans avant examen anatomique) a montré que les grands axes du ventricule gauche et du septum restaient pratiquement inchangés malgré l'hypertrophie ventriculaire droite ou gauche. La notion de « rotation anatomique » du cœur, n'intervient pas, pour Grant, dans la génèse des divers types d'électro-cardiogrammes précordiaux.

Il semble donc que les électrodes précordiales dans les emplacements définis par le Standard Anglo-Américain n'aient pas avec certaines zones épicardiques les relations topographiques étroites qu'on leur reconnaît habituellement. Ceci est vrai en particulier pour la dérivation V1 qui est censée faire face la paroi libre du ventricule droit, alors qu'elle est en fait située à l'aplomb de la veine cave supérieure.

2° Correspondance des images épicardiques et précordiales.

Si l'on recherche la seule correspondance morphologique, il est toujours possible, dans un jeu de dérivations épicardiques comportant une centaine de complexes, de trouver une image assez facilement superposable à un ventriculogramme précordial. Si l'on s'en tient par contre aux données anatomiques et radiologiques citées plus haut, le problème s'avère plus délicat.

— Le monomorphisme relatif des électrocardiogrammes précordiaux exprime mal la diversité des électrogrammes obtenus sur les régions épicardiques sous-jacentes.

Considérons par exemple la région parasternale gauche (position V2) du 3e au 5e espace. Nous savons qu'è cette zone correspondent dans le thorax, de haut en bas, le cône pulmonaire, la zone centrale du ventricule droit, la zone trabéculaire et enfin le bord droit. Nous connaissons les caractères des électrogrammes recueillis à ces différents niveaux chez le sujet normal :

— le cône pulmonaire dans sa partie haute peut montrer soit un aspect rS, soit une flèche R ;

— la zone centrale antérieure du ventricule droit montre des complexexs rS ou RS ,

— sur la zone trabéculaire on enregistre l'aspect (v) rS ;

— sur le bord droit l'aspect est RS.

En regard de ces diverses régions, l'électrocardiogramme précordial est invariablement de type rS.

— Certaines images épicardiques ne se retrouvent pas sur le précordium. C'est le cas des images (v) rS enregistrées dans la région paraseptale antérieure, ou encore des complexes de type R recueillis parfois sur le cône pulmonaire en l'absence de surcharge ventriculaire droite.

— Certaines images recueillies sur le précordium n'ont pas d'équivalent sur la région de l'épicarde située en regard de l'électrode. L'étude des surcharges ventriculaires droites le montre clairement :

L'aspect R en V1 et V2 peut se retrouver sur la partie haute de l'infundibulum, mais il peut aussi faire défaut. En tout cas, on ne retrouve jamais sur les autres régions de l'épicarde l'inversion du rapport R/S constatée sur le thorax.

Les dérivations précordiales « gauches » montrent dans ces cas de surcharge ventriculaire droite un aspect RS, R étant le plus souvent de faible amplitude, ce qui contraste de façon manifeste avec l'aspect qR épicardique.

La comparaison du complexe rapide en dérivations thoraciques et épicardiques met donc en évidence des différences non négligeables dans les cas subnormaux et une discordance assez flagrante dans les fortes surcharges ventriculaires droites. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer l'aspect particulier dans la dérivation V1 dans les cas de forte surcharge droite.

— La transmission des potentiels épicardiques du cône pulmonaire : mais nous savons que la projection thoracique de cette région est latéro-sternale gauche et non latéro-sternale droite. De plus, les complexes comportant une grande flèche ne couvrent en

dérivations épicardiques, qu'une surface assez restreinte ; ils ne sont pas absolument constants ; on peut, en outre, les trouver chez les sujets normaux.

— La transmission des potentiels ventriculaires par l'oreillette droite hypertrophiée. Il ne s'agirait plus de potentiels épicardiques, mais de potentiels endocavitaires. On a vu plus haut la variété et l'inconstance des images obtenus dans l'oreillette droite.

— L'aspect rS ou QS en V1, propre aux hypertrophies ventriculaires droites de certains cœurs pulmonaires chroniques, pourrait être rattaché aux aspects rS enregistrés sur la zone trabéculaire. Mais le même aspect est retrouvé également en V2, V3 et même V4 qui ne correspondent plus à la zone trabéculaire.

La diversité des explications proposées laisse penser qu'aucune d'entre elles n'est pleinement satisfaisante et qu'une corrélation valable ne peut être établie pour l'instant entre le précordium et l'épicarde.

L'assimilation de la déflexion intrinsèque à la déflexion intrinsecoïde peut être également discutée. La comparaison de ces deux accidents dans des conditions techniques identiques révèle des différences notables : il est rare d'obtenir, sur les tracés précordiaux enregistrés à grande vitesse, une déflexion pure, avec chute brutale et uniforme de potentiel. La déflexion intrinsécoïde apparaît irrégulière ; elle comporte des crochetages, des ralentissements. Son temps d'inscription ne peut être mesuré que de façon approximative. Déflexion intrinsèque et déflexion intrinsécoïde apparaissent ainsi comme des phénomènes dont l'ordre de grandeur est différent.

Dans les complexes épicardiques, seule la déflexion intrinsèque peut rendre fidèlement compte du temps d'activation d'un point donné. Les déflexions intrinsèques qui la précèdent et qui la suivent sont surtout un reflet du champ électrique régnant à la surface du générateur cardiaque. Les dérivations précordiales traduisent les variations du champ électrique à distance de ce générateur ; la déflexion intrinsécoïde correspond à une variation brusque du champ électrique, mais n'est pas obligatoirement en rapport avec la dépolarisation d'une région donnée de l'épicarde...

L'exploration épicardique renseigne sur l'ordre d'activation des diverses régions de la surface du cœur ; les dérivations précordiales explorent, à distance du cœur, le champ électrique produit par la contraction de toute la masse ventriculaire. Qu'il y ait entre les deux séries de tracés une relation, cela n'est pas douteux ; mais il n'y a pas identité, il n'y a qu'une correspondance approchée. Les morphologies et les chronologies ne sont pas superposables dans les deux modes d'explorations. Toutefois, les indications que l'on peut déduire de la carte épicardique et de la carte précordiale permettent d'aboutir à des conclusions électrophysiologiques et cliniques très analogues. Ainsi fixé le degré d'approximation des hypothèses de Wilson, on peut conserver l'essentiel de ses conclusions.

SUMMARY

Using the same oscillograph camera apparatus, several tracings were registered within the cardiac cavities during right heart catheterization, and on the chest preoperatively.

A correlative study of intracavitary and epicardial leads brings to evidence that endocardial depolarization occurs earlier than epicardial activation. In the upper part of the outflow track of the right ventricle, some intracavitary complexes can be registered which are similar to those derived from the epicardium of the pulmonary conus. But in other regions, such a similarity dœs not exist, and it seems almost impossible to establish a tight correlation between endocardial and epicardial leads.

In 1944, Wilson stated that the potential variations of every element of the epicardial surface contributed in some mesure to the potential variations of an electrode placed upon the precordium. But in his first study, he pointed out that some perplexing details of the QRS complex could not be interpreted satisfactorily.

From our documents, we can conclude that :

— *There is a regular evolution in the morphology of epicardial complexes and in the time of appearence of the intrinsic deflection on the anterior aspect of the ventricles.*

— *There is a regular transformation of the precordial complexes from left to right and from below upward. This is an evidence for the regularity of the electrical precordial field.*

But a correlation cannot be established between the morphology of a chest lead and the morphologies encountered on the epicardial surface facing the electrode. We confirmed, by means of angiocardiography Dressler's previous observations concerning cardiac thoracic topography. The so called "right" precordial lead V I, which is considered to explore right ventricular surface, faces in fact the right atrium and the superior vena cava.

From an electrical standpoint, some epicardial aspects cannot be registered on the chest ; and no epicardial equivalents can be found for some of the precordial morphologies. The intrinsecoid deflection has not the same meaning that the intrinsic one.

These discrepancies, that can be noted in normal patients, are more evident in case of a right ventricular strain.

There is an evidence of a relation between epicardial and precordial leads, but this is not identity. Precordial and epicardial electrograms, are different expressions of the same electrical phenomena.

CHAPITRE V

DERIVATIONS EPICARDIQUES ET ACTIVATION VENTRICULAIRE

I. - LES DERIVATIONS EPICARDIQUES ET L'ACTIVATION DE L'EPICARDE VENTRICULAIRE

Depuis les travaux de Lewis, on considère que les variations des potentiels épicardiques sont la traduction électrique du processus d'activation à la surface du cœur. La déflexion intrinsèque permet de déterminer le moment d'activation des diverses parties de l'épicarde.

Si la notion de « phénomène intrinsèque » est admise par tous, des divergences subsistent cependant quant aux moyens de le mettre en évidence, opposant les partisans de la méthode bipolaire à ceux de la méthode unipolaire.

La méthode bipolaire enregistre les différences de potentiel entre deux électrodes très rapprochées (moins d'un millimètre). La courbe ainsi obtenue, souvent monophasique, comporte un accident rapide au sommet aigu, bien individualisé. Cette onde rapide traduit la dépolarisation de l'étroite zone épicardique située entre les deux électrodes. Elle disparaît si l'on détruit cette zone (Sodi - Pallarès) par cautérisation par exemple. La courbe bipolaire n'inscrit donc presque exclusivement que le phénomène intrinsèque. Elle est d'interprétation facile et peut être considérée comme la méthode de référence, du point de vue de la chronologie de l'activation. Par contre, elle ne renseigne pas sur l'activation des portions de l'épicarde éloignées de l'électrode ; elle ne traduit que très imparfaitement le phénomène extrinsèque.

La méthode unipolaire enregistre les différences de potentiel entre une électrode épicardique et une électrode indifférente,

FIGURE 21

Enregistrement synchrone d'une dérivation unipolaire utilisant le Central-Terminal de Wilson (tracé du haut) et d'une dérivation bipolaire (tracé du bas). L'électrode unipolaire est constituée par l'une des deux électrodes servant à enregistrer la dérivation bipolaire.

On remarquera que le sommet de la déflexion principale en dérivation bipolaire coïncide avec la déflexion intrinsèque de la dérivation unipolaire.

généralement le central terminal de Wilson. Le tracé ainsi obtenu est le plus souvent polyphasique. Il comprend des portions extrinsèques encadrant la déflexion intrinsèque, dont nous avons énuméré les caractères classiques.

Le phénomène intrinsèque n'est donc plus représenté, comme dans le cas des tracés bipolaires, par un point, mais par un accident dont la durée maxima peut être de quatre millisecondes. Il importe donc de préciser sur la pente rapide de la déflexion intrinsèque unipolaire, le segment qui correspond à l'activation de l'épicarde sous-jacent à l'électrode. Sur ce point, plusieurs opinions s'affrontent. Wilson pense que le moment d'activation correspond à la fin de la déflexion intrinsèque ; Harris le situe, au contraire, au début ; Sodi-Pallarès estime que l'activation correspond à un point situé dans la dernière moitié de la déflexion intrinsèque : dans 50 % des cas, elle coïncide avec la fin de cet accident.

D'autres auteurs, en particulier Schaefer, contestent la valeur de la méthode unipolaire. Scher et Young (1956) estiment qu'elle ne peut être utilisée pour repérer l'activation d'un point ou mesurer des vitesses de propagation, étant donné son imprécision.

Nous pensons toutefois que la méthode unipolaire peut fournir des renseignements valables. Il faut, pour cela, utiliser des électrodes de faible surface et enregistrer les électrogrammes à grande vitesse à l'aide d'un appareillage dépourvu d'inertie. Dans ces conditions, la déflexion intrinsèque est particulièrement nette, on la distingue facilement des autres segments du tracé.

Nous savons (Fig. 1) que les dimensions importantes d'une électrode nuisent à la pureté de la déflexion intrinsèque et qu'un déroulement trop lent en altère l'inscription.

Nos mesures des temps d'activation ont été calculées en prenant pour repère le milieu de la déflexion intrinsèque. Nous avons réalisé plusieurs contrôles qui justifient ce choix : un tracé bipolaire et un tracé unipolaire sont enregistrés de façon synchrone. L'électrode unipolaire est constituée par l'une des deux électrodes servant à l'enregistrement bipolaire. Sur les tracés, le sommet de la déflexion en dérivation bipolaire correspond effectivement à la portion moyenne de la déflexion intrinsèque. Le choix du milieu de cette déflexion comme repère du temps d'activation nous semble justifié (Fig. 21).

L'exploration de la surface épicardique par la méthode unipolaire permet donc de suivre de façon assez précise le processus de dépolarisation à la surface des ventricules.

II. - LA PLACE DE L'ACTIVATION EPICARDIQUE DANS L'ACTIVATION VENTRICULAIRE

Si l'aspect des électrogrammes épicardiques est aujourd'hui bien connu, leur signification exacte est loin d'être entièrement

précisée. Il est difficile, en particulier, d'établir les relations qui existent entre l'activation de la surface épicardique et l'activation de l'ensemble de la masse ventriculaire.

La plupart de nos connaissances dans ce domaine découlent de résultats expérimentaux obtenus **chez le chien.** Les travaux de Sodi-Pallarès, Durrer et Van der Tweel, Burchell, Essex et Pruitt, Scher, Prinzmetal, ont permis d'établir le cheminement de l'excitation à travers les parois libres des ventricules et dans l'épaisseur du septum interventriculaire ; ils démontrent que l'ordre d'activation des diverses régions du myocarde ventriculaire n'est pas le même sur l'endocarde et sur l'épicarde.

C'est sur l'endocarde ventriculaire gauche qu'apparaît la première électronégativité, à deux ou trois centimètres des valvules aortiques, dans la région où la branche gauche du faisceau de His amorce sa division. La dépolarisation de l'endocarde ventriculaire gauche est achevée dans un intervalle de temps compris entre cinq et dix millisecondes. C'est à ce moment que débute l'activation ventriculaire droite ; l'excitation se manifeste tout d'abord à la base du muscle papillaire antérieur, gagne ensuite la pointe et la région trabéculaire. La totalité de l'endocarde droit est ensuite rapidement activée. Les électrogrammes unipolaires enregistrés à la surface de l'endocarde revêtent le type QS. Une onde R de faible amplitude peut parfois être notée sur l'endocarde ventriculaire droit. La totalité des surfaces endocardiques droites et gauches est donc dépolarisée très rapidement. Pour Sodi-Pallarès, la vitesse de propagation à ce niveau est de l'ordre de quatre mètres/seconde. Il existe un asynchronisme entre les deux ventricules, l'endocarde ventriculaire gauche ayant à peu près terminé son activation lorsque débute celsle de l'endocarde ventriculaire droit.

Au niveau de l'épicarde, chez le chien intact, la première électronégativité apparaît toujours sur le ventricule droit, le plus souvent sur la projection antérieure de la zone trabéculaire ; les derniers points activés se situent sur la partie latérale haute du ventricule gauche. L'ordre d'activation diffère donc de celui observé au niveau de l'endocarde. La structure complexe du myocarde ventriculaire, l'épaisseur différente des parois ventriculaires droite et gauche, la distribution particulière du faisceau de His expliquent ces constatations. Dans le ventricule droit, comme dans le ventricule gauche, l'activation débute dans la région où la branche correspondante du faisceau de His donne ses premières ramifications : la face gauche du septum pour la branche gauche, la région trabéculaire pour la branche droite. La branche gauche, courte, rapidement divisée, active précocément l'endocarde septal gauche. La branche droite, plus longue, conduit l'excitation jusqu'à la zone trabéculaire ; la faible vitesse de conduction (0,50 m/seconde) du faisceau de His explique le retard de l'endocarde ventriculaire droit. Le tissu nodal est extrêmement dense au niveau de la zone trabéculaire ; certaines de ses colonnes charnues sont constituées presque exclusivement de fibres de type

Hisien (Romieu). La paroi libre du ventricule droit étant à ce niveau particulièrement mince, le tissu de conduction se trouve à proximité immédiate de la surface épicardique qui est ainsi activée très peu de temps après la surface endocardique correspondante.

L'activation des autres régions de l'épicarde ne semble pas être aussi simple. On ne sait encore s'il existe dans la paroi ventriculaire un système conducteur nettement défini, ou si l'excitation se transmet uniquement par voie musculaire. Certaines techniques d'injection mettent en évidence chez le chien le réseau de Purkinje sous-endocardique, mais il est très difficile d'en suivre les ramifications à l'intérieur de la masse myocardique. Lewis pensait que le tissu nodal pénétrait le tissu musculaire sur une épaisseur de quelques millimètres. Abramson et Margolin affirment l'existence d'un réseau myocardique étendu jusqu'à l'épicarde. Quoi qu'il en soit, il est admis que l'activation du myocarde se fait à partir de la région sous-endocardique. L'étude des potentiels intra-muraux, réalisée par Sodi-Pallarès, Prinzmetal, Durrer et Van der Tweel, a permis de préciser les détails de cette activation.

La dépolarisation se fait invariablement dans le sens endocarde-épicarde, à partir du réseau sous-endocardique, qui assure la diffusion rapide de l'excitation à l'ensemble des couches profondes du myocarde. Ceci se vérifie (Lewis) même lors des extrasystoles obtenues expérimentalement par stimulation mécanique ou électrique. Les électrogrammes unipolaires recueillis dans les deux tiers sous-endocardiques des parois ventriculaires revêtent presque exclusivement le type QS. Les temps d'activation à ce niveau sont très précoces et très voisins les uns des autres, confirmant la dépolarisation quasi-simultanée de multiples points. La vitesse de propagation de l'excitation dans ces couches profondes est considérable et ne peut être mesurée. Une positivité initiale ne s'inscrit sur l'électrogramme intra-mural qu'au niveau du tiers sous-épicardique. Son amplitude croît rapidement lorsque l'électrode est retirée en direction de l'épicarde. Prinzmetal considère que les deux tiers environ de l'amplitude de l'onde R sont dus aux trois à cinq millimètres de myocarde sous-épicardique. (Des constatations expérimentales analogues ont été faites dans le Laboratoire de Cardiologie Expérimentale du Pr A. Jouve. La vitesse de propagation de l'onde d'excitation est comprise, à ce niveau, entre 0,450 et 1 m. seconde.

On peut donc admettre que, des foyers multiples sous-endocardiques, l'activation gagne l'épicarde. Selon la densité du tissu nodal et l'épaisseur de la paroi, l'activation de l'épicarde correspondant sera plus ou moins rapidement assurée.

Des temps d'activation différents sont notés en des points voisins de l'épicarde ; on serait tenté d'admettre, étant donné la variation régulière de ces temps d'une région à l'autre de l'épicarde, une progression du stimulus à la surface même du cœur. Rien ne permet, pour l'instant, d'affirmer une telle propagation.

Nos connaissances sur l'activation ventriculaire chez l'homme sont plus restreintes. D'une façon générale, les résultas obtenus chez le chien semblent pouvoir être retenus chez l'homme. Les contrôles effectués au Laboratoire de Cardiologie expérimentale (Pr Jouve) mettent cependant en évidence quelques différences de détail : les images Ks couvrent, chez le chien, la majeure partie de l'épicarde et l'on ne retrouve pas certaines morphologies enregistrees chez l'homme, notamment au niveau de la région septale postérieure. Néanmoins, les dérivations intramurales recueillies chez l'homme par Prinzmétal montrent que la propagation de l'excitation dans la masse ventriculaire se fait de façon sensiblement identique chez l'homme et chez le chien. Les électrogrammes intramuraux que nous avons pu enregistrer chez l'homme au cours de nos explorations épicardiques corroborent cette hypothèse.

Il semble donc que l'on puisse retenir chez l'homme l'essentiel des conclusions établies chez le chien, à propos de l'activation ventriculaire dans son ensemble. Les dérivations épicardiques renseignent, avant tout, sur l'activation des couches externes du myocarde. L'activité électrique des couches profondes ne semble pas analysable sur l'épicarde.

Certains accidents dotés en dérivations épicardiques n'ont pas encore reçu d'explication définitive. Prinzmetal a noté, dans les complexes de type RS, des crochetages de la branche ascendante de R, parfois nettement individualisés sous la forme d'une onde lente précédant l'onde R. Il pourrait s'agir, pour Gilson et Schaeffer, de variations de potentiel créées par des irrégularités de conduction au voisinage de l'électrode, sans doute en rapport avec la présence des muscles papillaires et des colonnes charnues. Nous avons décrit des accidents analogues (complexes RS, Types 2 et 3 ; aspect vibré initial (v)). La relative constance de ces images, leur transformation progressive de part et d'autre de la zone de projection du septum inter-ventriculaire nous conduisent à penser qu'il ne s'agit pas de variations morphologiques accidentelles, mais peut-être de potentiels électriques en rapport avec l'activation du septum. Des contrôles sont en cours, afin de vérifier cette hypothèse.

L'activation de la partie haute du ventricule droit est mal connue. Nous avons signalé que l'électrogramme épicardique recueilli sur le cône pulmonaire pouvait, même chez les sujets normaux, revêtir soit le type rS, soit le type R. Il est possible que ces variations soient dues à des modalités différentes de distribution du faisceau de His. La portion haute du septum intra-ventriculaire, en particulier celle correspondant à la partie moyenne de la crête supra-ventriculaire, présente des modalités d'activation diverses. Le réseau sous-endocardique y est, en général, absent. L'activation se fait, dans 80 % des cas, seulement à partir de la branche droite du faisceau de His (Sodi-Pallarès). Mahaim a mis en évidence des connections avec la branche gauche et même avec le nœud d'Aschoff-Tawara. Il est possible que l'on

retrouve chez l'homme les nombreuses variations individuelles constatées chez le chien par Médrano dans l'étude de la crête supra-ventriculaire.

On comprend aisément que des opinions contradictoires aient pu être émises, concernant l'activation du cône pulmonaire. Les variations constatées chez les sujets normaux doivent être sans doute majorées lors des surcharges ventriculaires droites. L'hypertrophie de la chambre de chasse, et plus particulièrement de la crete supra-ventriculaire, altère sans doute profondément la conduction du stimulus. Il est probable que les défauts septaux haut situés de certaines cardiopathies congénitales modifient, de façon plus importante encore, le schéma d'activation de la partie haute du ventricule droit.

*
* *

En résumé, on peut considérer que l'exploration électrique de l'épicarde par la méthode unipolaire fournit des renseignements valables sur l'activation des couches superficielles du myocarde. Les potentiels nés au sein des couches sous-endocardiques semblent s'annuler les uns les autres et ne pas avoir de traduction épicardique.

L'aspect particulier des électrogrammes épicardiques au voisinage du septum interventriculaire est peut-être en rapport avec l'activité électrique du septum. L'étude comparée des dérivations épicardiques, endocavitaires et intra-murales actuellement en cours, permettra de préciser encore le mode d'activation de la masse ventriculaire.

SUMMARY

As emphazised by Lewis, epicardial electricical exploration is an adequate method for studying epicardial depolarization. Unipolar leads, when a selective electrode is used, permit an accurate study.

To what extent the epicardial activation corresponds to the general ventricular activation is difficult to define. As recently pointed out, the contribution of the various layers of the myocardium to the genesis of epicardial potentials seems to be different. The subendocardium seems to be electrocardiographically silent in respect to the genesis of positive depolarization potentials. Epicardial leads mainly explore subepicardial layers.

A comparative study of epicardial, intracavitary and intramural electrograms shows the general process of ventricular depolarization in Man.

CONCLUSIONS

Nous rapportons les résultats de 96 explorations épicardiques réalisées au Centre Cantini, à l'occasion d'interventions de chirurgie cardio-vasculaire.

A l'exception de dix séries de tracés, tous les enregistrements furent réalisés à l'aide d'un appareillage comportant un oscillographe cathodique à deux canaux et une caméra déroulant de façon continue à la vitesse de 100 millimètres/seconde. Cet ensemble permet l'étude précise de la morphologie des dérivations épicardiques, et la mesure, par rapport à une dérivation standard enregistrée de façon synchrone, du temps d'apparition de la déflexion intrinsèque.

L'exploration électrique fut réalisée, toutes les fois qu'il fut possible, soit dans 86 cas, à la surface même de l'épicarde. Si l'interposition du péricarde ne modifie pas sensiblement les caractères des électrogrammes en chaque point, elle constitue, par contre, un obstacle sérieux à un repérage topographique précis. Divers types d'électrodes furent utilisés. Les meilleurs résultats furent obtenus à l'aide d'une électrode de faible surface, montée sur une lame de caoutchouc souple, aisément dirigée dans la cavité péricardique. Nous nous sommes efforcés d'explorer le plus grand nombre de points sur l'épicarde et d'explorer également chez plusieurs sujets, des zones identiques.

Sur nos documents figure une déflexion intrinsèque répondant aux critères suivants : polarité négative, durée brève n'excédant pas quatre millisecondes, temps d'apparition variable suivant la zone considérée. La morphologie des électrogrammes épicardiques varie suivant la région explorée ; dans chaque région de l'épicarde un type morphologique domine, mais de nombreuses variations de détail sont enregistrées. L'aspect des complexes épicardiques ne varie pas de façon brutale d'une zone à l'autre de l'épicarde. On note, au contraire, une évolution régulière de la morphologie et des temps d'apparition de la déflexion intrinsèque.

Ces documents permettent d'établir le schéma général de l'activation à la surface de l'épicarde. Chez les sujets normaux, la première électronégativité apparaît sur la face antérieure du ventricule droit, et notamment au niveau de la zone trabéculaire ; puis l'excitation gagne les régions paraseptales antérieures et postérieures, les faces libres antérieure et postérieure des ventri-

cules, enfin les bords du cœur. Le bord gauche est excité tardivement, la région latérale haute du ventricule gauche étant la dernière activée.

En cas de surcharge ventriculaire droite, la première électronégativité est paraseptale antérieure. L'épicarde ventriculaire droit est activé plus tardivement. On note, au niveau du bord droit, des temps d'activation qui peuvent dépasser ceux enregistrés sur le bord gauche.

Les troubles de la conduction intra-ventriculaire droite se traduisent également par un retard d'activation de l'épicarde ventriculaire droit.

Dans tous ces cas de surcharge ou de bloc de branche droits, la morphologie des complexes épicardiques n'est pas modifiée de façon significative. L'aspect des électrogrammes est sensiblement le même pour chaque région de l'épicarde, quel que soit le degré de surcharge ou de bloc. Par contre, il n'y a pas d'aspect caractéristique du ventricule droit ou du ventricule gauche.

La partie haute du ventricule droit constituant le cône pulmonaire présente, par contre, à l'état normal et en cas de surcharge ventriculaire droite, des variations importantes. Dans les cas de surcharge, l'activation en est généralement tardive ; chez les sujets normaux, elle peut être soit relativement précoce, soit sensiblement retardée. Il est possible que ces variations soient en rapport avec la distribution extrêmement variable du tissu nodal dans la partie haute du septum interventriculaire.

L'étude comparée des dérivations épicardiques, intra-murales et endocavitaires est nécessaire pour établir un schéma général de l'activation ventriculaire. L'électrogramme épicardique explore les couches superficielles du myocarde. Ainsi que le montre l'étude des dérivations intra-murales, l'activité des couches sous-endocardiques ne semble pas avoir de traduction électrique sur l'épicarde.

La confrontation des documents épicardiques et endocavitaires permet de préciser l'ordre d'activation des couches superficielles et profondes. Si, dans l'ensemble, ces deux séries de documents ne sont pas superposables, quelques correspondances chronologiques et morphologiques peuvent être établies entre les complexes épicardiques recueillis sur l'infundibulum pulmonaire et les électrogrammes endocavitaires enregistrés sous les sigmoïdes pulmonaires.

L'étude corrélative des dérivations épicardiques et des électrocardiogrammes précordiaux révèle des discordances non négligeables, surtout dans les cas de surcharge ventriculaire droite. Il n'y a pas de correspondance rigoureuse entre l'électrocardiogramme précordial et l'électrogramme épicardique enregistré en regard de l'électrode thoracique. Qu'il y ait entre les deux jeux de dérivations une relation, cela est certain ; mais il n'y a pas identité. Les variations de potentiel sur l'épicarde et dans le champ électrique thoracique apparaissent comme deux manifestations différentes du même phénomène.

BIBLIOGRAPHIE

ABRAMSON D. I., MARGOLIN S. — A Purkinje Conduction Network in the myocardium of the mammalian ventricle. *J. of Anatomy. 70* : 250, 1936.

ABRAMSON D. I., JOCHIM K. — The spread of the impulse in the mammalian ventricle. *Amer. J. Physiol. 120* : 635, 1937.

ALZAMORA CASTRO V., ABUGATTAS R., BATTILANA G., RUBIO C., BOURONCLE J., ZAPATA C., SANTA MARIA E, SUBIRIA R., BINDER T., PAREDES D. — The form and significance of the ventricular complex in direct unipolar leads taken upon the epicardial surface of the normal human right ventricle. *Abstracted Amer. Heart J. 46* : 790, 1953.

AVRIL P. — Le champ électrique du cœur normal et pathologique. *Thèse,* Marseille. 1956. Masson éditeur.

BARBATO E. — Estudio electrocardiografico da Activacao Ventricular Normal e patologica. Sua importancia na interpretecao das chamadas curvas de hipertrofias. *Tèse de Doutouramento.* Sao Paulo, 1952.

BARBATO E., DEBES A.C., TOSHIYASU FIJIYOKA, BOURROUL FILHO C., PILEGGI F., MAGALHAES M.S., DECOURT L.V. — Estudo da zona de Transicao electrocardiografica na superficie epicardica humana. *Revista da Hospital Das Clinicas,* Sao Paulo. *12* : 323, 1957.

BARBATO E., PILEGGI F., DEBES A.C., FUJIYOKA T., MAGALHAES M.S., TRANCHESI J., SAN JUAN E., DECOURT L.V. — Study of sequence of ventricular activation and the QRS complex of the normal human heart using direct epicardial leads. *Amer. Heart J. 55* : 867, 1958.

BARBATO E., TOSHYASU FUJIOKA, DEBES A.C., PILEGGI F., BOURROUL FILHO C., PAULO DE PAULA e' SILVA, DECOURT L.V. — Study of the sequence of ventricular activation and the QRS complex of the Pathologic human heart Using direct epicardial leads. *Amer. Heart J. 56* : 340, 1958.

BARBATO E., DEBES A.C., PILEGGI F., FUJIOKA F., DE PAULA e SILVA P., DECOURT L.V. — Diaphragmatic juxtacardiac leads. Their value in the study of the spread of activation and the QRS complex of the heart's diaphragmatic surface. *Amer. Heart J. 57* : 262, 1959.

BARKER P.S. MAC LEOD A.G. and ALEXANDER J. — The excitatory process observed in the exposed human heart. *Amer. Heart J. 5* : 720, 1930.

BORCHARDT P.R., GROEDEL F.M. — The electrocardiogram obtained directly from the human heart. A preliminary report. *Cardiologia 9* : 329, 1945.

BRUSCA A., MAGRI G. — Direct epicardial electrocardiography from the exposed human heart in cases of right bundle Branck Block. *Acta Cardiol. 11 :* 274, 1956.

BRUSCA A., SOLERIO F., ACTIS DATO A. — An electrocardiographic study of right ventricular hypertrophy in pulmonic stenosis. *Amer. Heart J. 57 :* 134, 1959.

BURCHELL H.B., ESSEX H.E., PRUITT R.D. — Studies on the spread of excitation through the ventricular myocardium. II the ventricular septum. *Circulation 6 :* 161, 1952.

BURCHELL H.B., ESSEX H.E., LAMBERT E.H. — Action potentials supporting the presence of specialized conduction pathways in the dog's ventricle. *Circ. Research. 1 :* 186, 1953.

CAROUSO G., CHEVALIER H., LATSCHA J.S., LENEGRE J. — Epicardial electrocardiograms recorded in the course of serven cases of heart surgery. *Circulation 5 :* 48, 1952.

CORRIOL J., REDON A. — L'utilisation de l'électrocardiographie en clinique. Importance des caractéristiques de l'appareillage. *Arch. Mal. Cœur 48 :* 447, 1955.

DRESSLER. — Cardiac topography. *Amer. Heart. J. 19 :* 141, 1940.

DURRER D., VAN DER TWEEL L.H. — Spread of activation in the left ventricular wall of the dog. I. *Amer. Heart J. 46 :* 683, 1954. II *Amer. Heart J. 47 :* 192, 1954. III. *Amer. Heart J. 48 :* 13, 1954.

DURRER D., VANDER TWEEL L.H., BERREKLOUW S., VANDER WEY L.P. — Spread of activation in the left ventricular wall of the dog. - IV Two and three dimensianal analysis. *Amer. Heart J. 50 :* 860, 1955.

DURRER D., VANDER TWEEL L.H. — Excitation of the left ventricular wall of the dog and goat. *An New-York Academy of Science 65 :* 779, 1957.

EYSTER J.A.E., KRASNO M.R., HETTWER J.P. — Electrical potentials of the heart of the chich embryo. *Amer. J. Physiol. 120 :* 173, 1937.

GLOMSET D.J., GLOMSET A.T. — A morphologic study of thhe cardiac conduction system in ungulates, dog, and man. II. The Purkinje system. *Amer. Heart J. 20 :* 677, 1940.

GRANT R.P. — The relationship between the anatomic position of the heart and thhe electrocardiogram. A criticism of « Unipolar » Electrocardiography. *Circulation : 7,* 890, 1953.

GRANT R.P. — Architectomics of the heart. *Amer. Heart J. 46 :* 405, 1953.

GROEDEL F.M., BORCHARDT P.L. — Intrathoracic electrocardiograph in Patients with Pneumothorax. III The ventricular electrogram. *Exp. Med. Surg. 6 :* 91, 1948.

GROEDEL F.M., BORCHARDT P.R. — Direct electrocardiography of the human heart. *Brooklin Medical Press Inc. New-York,* 1948.

HEIN G.E. and REAVIS J.C. — Direct electrocardiograms from the human heart in situ. Comparison of direct leads with precordial leads. *Circulation 1 :* 964, 1950.

HEROLD G., KAINDL F. — Direct electrocardiographic leads in right ventricular hypertrophy. *Ztschr. Kreislaufforsch. 46 :* 57, 1957. Abs. *Circulation 17 :* 466, 1958.

HERTAULT J., DE MICHELI A., MEDRANO G. — Elletrocardiogramma registrat con derivazioni unipolari a livello della cresta sopraventricolare, in condizioni normali et con blocco di branca destra. XXI° *Congrès de la Société Italienne de Cardiologie,* Rome, 28-30 Mai 1959.

JOUVE A., CORRIOL J., VELASQUE P., PEYTAVY R. — Etude comparée des dérivations épicardiques et intra murales chez l'homme et chez le chien. *Journal de Physiol. 49.* 223, 1957.

JOUVE A., CORRIOL J., VELASQUE P., BENYAMINE R., PEYTAVY R. — Comparaison des dérivations épicardiques et précordiales chez l'homme. *Cardiologia 33 :* 45, 1958.

JOUVE A., CORRIOL J., VELASQUE P., BENYAMINE R., PEYTAVY R. — Les dérivations épicardiques ventriculaires chez l'homme. *Acta Cardio logica 13 :* 247, 1958.

JOUVE A., GERARD R., BENYAMINE R., TORRESANI J. — Dérivations épicardiques multiples chez les mitraux. *Soc. Franc. Cardiol.* Mars 1958.

JOUVE A., HENRY E., CORRIOL J., VELASQUE P., BENYAMINE R. — Les dérivations épicardiques chez l'homme : à propos d'un cas avec contrôle anatomique. *Arch. Mal. Cœur 51 :* 626, 1958.

JOUVE A., GERARD R., GRAS A., NICOLAI P., BENYAMINE R. — Etude comparée de l'électrocardiogramme et des pressions endocavitaires dans les affections mitrales. *Pathologie et Biologie. 34 :* 1415, 1958.

JOUVE A., CORRIOL J., BENYAMINE R., VELASQUE P., TORRESANI J. — Les dérivations épicardiques chez l'homme : la carte électrique. *III^e Congrès Mondial de Cardiologie,* Bruxelles 1958.

JOUVE A., REDON A., BORELLY G. — Le champ électrique créé par l'activité du cœur à la surface et à l'intérieur du thorax. *III^e Congrès Mondial de Cardiologie,* Bruxelles 1958.

JOUVE A., TORRESANI J., BENYAMINE R., VELASQUE P., CORRIOL J. — Les électrogrammes épicardiques recueillis à la surface postérieure du cœur. *XXI^e Congrès de la Société Italienne de Cardiologie.* Rome, 23-30 Mai, 1959.

JOUVE A., CORRIOL J., VELASQUE P., BENYAMINE R., TORRESANI J. — La cartographie de l'épicarde ventriculaire chez l'homme. *Journal de Médecine de Lyon* (à paraître).

JOUVE A., CORRIOL J., TORRESANI J., BENYAMINE R., PEYTAVY R. — Epicardial dérivations in man. 1 *Recording techniques* (à paraître).

KUGLER J. H., PARKIN J. B. — Continuity of Purkinje fibres with cardiac muscle. *Anat. Rec. 126 :* 335, 1956.

KENNAMER R., BERNSTEIN J. L., MAXWELL M. H., PRINZMETAL M., SHAW C. M. — Studies on the mechanism of ventricular activity V. Intramural depolarization potentials in the normal heart with a consideration of currents of injury in coronary artery disease. *Amer. Heart J. 46 :* 379, 1953.

LEWIS T., ROTSCHILD M. A. — The excitatory process in the dog's heart. Part II *The ventricles Phil. Trans. 206 :* 181, 1915.

LEWIS T. — The mecanism and graphic registration of the heart beat. *Shaw and Sons,* London, 1925.

MAC GREGOR M. — The genesis of the lectrocardiogram of right ventricular hypertrophy. *Brit. Heart J. 12 :* 351, 1950.

MAGRI G., BRUSCA A., ANGELINO P. F., LEVI V., JONA E. — Studi di elletrocardiografia epicardia nell'uomo. *Minerva cardio angiol. 8 :* 419, 1955.

MAGRI G., BRUSCA A. — Morfologia dell'eletrocardiogramma epicardico umano nei blocchi intraventricolari destri. *XVII° Congresso della Societa Italiana di Cardiologia. Chianciano* 30, Maggio, 1955.

MAGRI G., BRUSCA A. et ANGELINO P. F. — L'électrogramme épicardique chez l'homme en conditions pathologiques. *Presse Méd. 66 :* 1349, 1955.

MASSUMI R. A., GOLDMAN A., RAKITA L., KURAMOTO K., PRINZMETAL M. — Studies on the mechanism of ventricular activity. XVI Activation of the human ventricle. *Amer. J. Med. 29* (6) : 832, 1955.

MEDRANO G. A., PILEGGI F., SOTOMAYOR A. T., BISTENI A., SODI PALLARES D. — Nuevas investigationes sobre la activacion del tabique interventricular en condiciones normales y con bloqueo de rama. Parte II Estudio de la portion antero-basal del Tabique. *Arch. Inst. Cardiol.* Mexico. *27:* 299, 1957.

MEDRANO G. A., PILEGGI F., STOMAYOR A., BISTENI A., SODI PALLARES D. — Nuevas investigationes sobre la activation del tabique interventricular en condiciones normales y con bloqueo de rama. Parte III. Estudio del tercio medio del tabique : porciones anterior y media. *Arch. Inst. Cardiol.* Mexico, *27:* 609, 1957.

MEDRANO G. A., BISTENI A., BRANCATO R. W., PILEGGI F., SODI PALLARES D. — The activation of the ventricular septum in the dog's heart under normal conditions and in Bundlebranch block. *Am. of the New-York Academy of Sciences. 65:* 804, 1957.

MEDRANO G. A., SODI PALLARES D., MARSICO F., BISTENI A. — The importance of septal activation in the electrogenesis of the unipolar morphologies in bundle branche block : experimental study with total extirpation of the free ventricular wall of the blocked ventricle. *Amer. Heart J. 57:* 126, 1959.

MIYAJI M. — The direct epicardial electrogram. *Med. J. Osaka Univ. 814:* 785, 1958.

NYLIN und CRAFOORD. — Das vom Menschenherzens in vivo simultan vom linken und rechten ventrikel abjeleitete electrogram. *Cardiologia 6:* 136, 1942.

PENALOZA D., TRANCHESI J. — The three main vectors of the ventricular activation process in the normal human heart. *Amer. Heart J. 49:* 51, 1955.

PEYTAVY R. — Technique des enregistrements épicardiques chez l'homme. *Thèse* Marseille, 1958.

PIERI J., JOUVE A., CASALONGA J., NICOLAI P., AMBROSI C. — Etude comparée des dérivations de surface et des dérivations endothoraciques chez l'homme. *Acta Cardiol. XIII,* 327, 1958.

PIPBERGER H., SCHWARTZ L., MASSUMI R. A., NEINER S. M., PRINZMETAL M. — Studies on the mechanism of ventricular activity. XXI The origin of the depolarization complex. With clinical applications. *Amer. Heart. J. 54:* 510, 1957.

PRUITT R. D., ESSEX H E., BURCHELL H. B. — Studies on the spread of excitation through the ventricular myocardium. *Circulation 3:* 418, 1951.

PUDDU V., CAMMARELLA C. — Un cas d'Ectopia Cordis avec une étude électrocardiographique de la progression de l'onde d'excitation. *Arch. Mal. Cœur: 31:* 861, 1938.

ROBB J.-S. — The conducting tissue and cardiac electrophysiology. *Ann. of New-York Academy of Sciences. 65:* 819, 1957.

RODRIGUEZ M.I., SODI PALLARES D., ANSELME A. — Activation of the free ventricular wall on dog hearts. *Papers from the fourth interamerican Cardiologic Congress.* Buenos-Aires, 1952.

ROMIEU M., LINAS G., JULLIEN G. — Sur le réseau de Purkinje du cœur de l'homme. *C. R. Assoc. Anat. 32° R. Marseille,* 21-25 Mars 1957.

ROTHMAN S., GERLACH S., PRINZMETAL M., RAKITA L., BORDUAS J.L. — Studies the mechanism of ventricular activity. XIII Genesis of the depolarization complex in the mammalian heart. *Heart J. of Physiol. 179:* 557. 1954.

SAMPAIO A., BERTOLANNI V., KNEESE DE MELO. — Human epicardial electrocardiograms. 4 th *Interamerican Congress of Cardiology.* Buenos-Aires, 1952.

SANABRIA T. — Recherches sur la différenciation du tissu nodal et connecteur du cœur des mammifères. *Arch. Biol. 13:* 1, 1936.

SCHARER R.F., GONZALEZ SEGURA R., GUARDO A.H., MARIN M., RESSIA T.P. and ROMANO F.J. — Considérations on epicardial electrocardiograms in man beth in normal and pathologial cases. *Review. Fourth Interamerican Congress of Cardiology.* Buenos Aires 1952.

SCHAEFFER H. — The general order of excitation and of recovery. *Ann. of New-York Academy of Sciences. 65:* 743, 1957.

SCHER A.M., YOUNG A.C., MALMGREN A.L., PATON R.R. — Spread of electrical activity through the wall of ventricle. *Circulation research. 1:* 539, 1953.

SODI PALLARES D., BARBATO E., DELMAN A. — Relationship between the intrinsic deflexion and salepicardial activation. An experimental study. *Amer. Heart J. 39:* 387, 1950.

SODI PALLARES D., RODRIGUEZ M.I., CHAIT L.O., ZUCKERMANN R — The activation of the interventricular septum. *Amer. Heart J. 41:* 569, 1951.

SODI PALLARES D., BISTENI A., HERRMANN R.G. — Some views on the significance of thhe QR and QR type complexes in right precordial leads in the absence of myocardial infarction. *Amer. Heart J. 43:* 716, 1953.

SODI PALLARES D., ANSELMI A., RODRIGUEZ I. — Activacion de las paredes libres ventricular III Activacion epicardica. *Arch. Inst. Card. Mexico. 24:* 3, 1954.

SODI PALLARES D., BISTENI A., MEDRANO G.A., CISNEROS F. — The activation of the free left ventricular wall in the dog's heart. *Amer. Heart J. 49:* 587, 1955.

SODI PALLARES D., CALDER M. R. — New bases of electrocardiography. *The C. V. Mosby Company*, Saint-Louis 1956.

SODI PALLARES D. — The influence of the investigation of Helmoltz on electrocardiography. *Amer. Heart. J. 51 :* 647, 1956.

SODI PALLARES D., BRANCATO R. W., PILEGGI F., MEDRANO G. A., BISTENI A., BARBATO E. — Thhe ventricular activation and the VCG curve. *Amer. Heart J. 54 :* 498, 1957.

TRUEX R. C., COPENHAVER W. M. — Histology of the moderator band in man and othehr mammals with special reference to the conduction system. *Amer. J. of Anatomy. 80/2 :* 173, 1947.

VALLES A. — Etude-synthèse des connaissances actuelles sur le tissu nodal du cœur. *Thèse* Marseille 1936, n° 39.

VELASQUE P., CORRIOL J., BENYAMINE R., HENRY E., JOUVE A., DE VERNEJOUL R. — Les dérivations épicardiques chez l'homme. I. Techniques d'enregistrement. *III^e Congrès Mondial de Cardiologie.* Bruxelles, 1958.

VEYRAT R. — La composition des potentiels électriques recueillis en dérivations unipolaires à la surface du cœur. *Thèse,* Genève, 1954.

WILSON F. N., MAC LEOD G., BARKER P. S. — The order of ventricular excitation in human bundle branch block. *Amer. Heart. J. 7 :* 305, 1931.

WILSON F. N., JOHNSTON F. D., ROSENBAUM F. F., ERLANGER H., KOSSMANN C. E., HECHT H., COTRIM N., BARKER P. S. — The precordial electrocardiogram. *Amer. Heart. J. 27 :* 19, 1944.

Serment d'Hippocrate

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers Condisciples, devant l'effigie d'Hippocrate,

Je promets et je jure, au nom de l'Etre Suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail ; je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine, dès la conception.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes Confrères si j'y manque.

Vu et permis d'imprimer

Aix, le 20 Juin 1959

Le Recteur :

J. BLACHE

Lu et approuvé

Le Président de Thèse :

Signé : A. JOUVE

Vu et approuvé

Le Doyen :

G. MORIN

TABLE DES MATIERES

PAGES

CHAPITRE PREMIER :

HISTORIQUE 19

CHAPITRE II :

TECHNIQUE 33

CHAPITRE III :

ETUDE DES RESULTATS 49

CHAPITRE IV :

ETUDE CORRELATIVE DES DERIVATIONS EPICARDIQUES ENDOCAVITAIRES ET PRECORDIALES 75

CHAPITRE V :

DERIVATIONS EPICARDIQUES ET ACTIVATION VENTRICULAIRE 93

CONCLUSIONS 101

BIBLIOGRAPHIE 103

ERRATA

FIGURE 5 (page 54) : Le diagramme concernant l'étude morphologique du ventricule droit (face postérieure) a été placé par erreur dans la figure 7, p. 58.

FIGURE 7 (page 58) : Le diagramme concernant l'étude morphologique du ventricule gauche (face postérieure) a été placé par erreur dans la figure 5, p .54.

Page 64 — Dernière ligne : Type de description, au lieu de type de destruction.

Page 78 — FIGURE 15 : L'électrogramme en docavitaire est représenté par le tracé inférieur, le tracé supérieur inscrivant la dérivation D II.